



Espacenet

Bibliographic data: JP 2003532281 (T)

OPTICAL REDUCTION SYSTEM WITH CONTROL OF ILLUMINATION POLARIZATION

Publication date: 2003-10-28

Inventor(s):

Applicant(s):

Classification:
- international: G02B17/08; G02B27/18; G02B27/28; G02B5/30; G03F7/20; G03F7/22; H01L21/027; (IPC1-7): G02B17/08; G02B27/18; G02B27/28; G02B5/30; G03F7/22; H01L21/027

- European: G02B17/08; G02B17/08U; G02B27/28C; G03F7/20T12; G03F7/20T16; G03F7/20T26

Application number: JP20010579010T 20010425

Priority number(s): US20000199381P 20000425; WO2001US13142 20010425

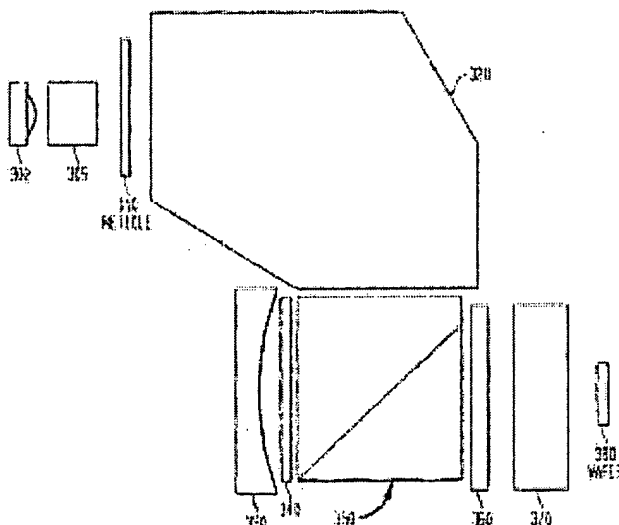
Also published as:

- WO 0181977 (A2)
- WO 0181977 (A3)
- EP 1277073 (A2)
- EP 1277073 (B1)
- DE 60124524 (T2)
- more

Abstract not available for JP 2003532281 (T)

Abstract of corresponding document:
WO 0181977 (A2)

An optical reduction system with polarization dose sensitive output for use in the photolithographic manufacture of semiconductor devices having variable compensation for reticle retardation before the long conjugate end. The variable compensation component(s) before the reticle provides accurate adjustment of the polarization state at or near the reticle. The variable compensation components can be variable wave plates, layered wave plates, opposing mirrors, a Berek's compensator and/or a Soleil-Babinet compensator. The catadioptric optical reduction system provides a relatively high numerical aperture of 0.7 capable of patterning features smaller than 0.25 microns over a 26 mm x 5 mm field. The optical reduction system is thereby well adapted to a step and scan microlithographic exposure tool as used in semiconductor manufacturing.; Several other embodiments combine elements of different refracting power to widen the spectral bandwidth which can be achieved.



*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]An optical reduction system which has an object space numerical aperture in a photolithography tool, comprising:

A polarization compensator which provides a variable wavelength polarization difference.

An object to which this polarization difference that is an object which moves a projected picture and this polarization compensator provides changes light projected from this object.

[Claim 2]The 2nd lens characterized by comprising the following Have further and said polarization compensator, Polarize light received with this 1st lens, and an output of this 1st lens negative [this], Provide sufficient output to carry out image formation of the entrance pupil of said system to an aperture stop near this mirror in this mirror in infinite distance, and an output of this 2nd lens positive [this], The optical reduction system according to claim 1 which provides all substantially [output / of this system], and carries out image formation of the outgoing radiation pupil of this system to infinite distance.

The 1st lens that has the negative output provided with the larger number of incidence openings than said object space numerical aperture.

A beam splitter which separates light which enters from this 1st lens.

A concave surface mirror.

A positive output.

[Claim 3]An optical reduction system of a long conjugate end to a short conjugate end characterized by comprising the following.

A variable wavelength board.

A reticle which it is a reticle, this variable wavelength board provides with elliptically polarized light, and this reticle provides with linear polarization.

The 1st lens group of a positive output that has the number of incidence openings.

An outgoing radiation numerical aperture with this 1st bigger lens group in which it is the 2nd lens group of a negative output, and this 2nd lens group is separated from the 1st lens group than this number of incidence openings.

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

(The background of invention)

(Field of invention)

This invention relates to the optical system used in semiconductor manufacture generally.

[0002]

(Pertinent art)

Generally a semiconductor device is manufactured using various photolithography technique. The circuit mechanism used with a semiconductor chip is projected from a reticle on a wafer. It often succeeds in this projection by use of an optical system. The design of these optical systems has many complicated things, and it is difficult to obtain the resolution [****] needed in order that while may become small and the size arranged on a semiconductor chip may generate a component. Therefore, many labors have been spent in order to develop the optical reduction system which can generate the future of a very minute component smaller than 0.25 micron. The necessity of developing the optical system which can generate the future of a very minute component is needed in order to raise system performance.

[0003]

The conventional optical system was published by Williamson on July 16, 1996. It is indicated by the U.S. Pat. No. 5,537,260 item of a name "Catadioptric Optical Reduction System with High Numerical Aperture." This document indicates the optical reduction system which has the numerical aperture 0.35. Another optical system is indicated by the U.S. Pat. No. 4,953,960 item of a name "Optical Reduction System" published by Williamson on September 4, 1990. This document operates in 248 nm and indicates the optical system which has the numerical aperture 0.45.

[0004]

(Summary of invention)

Although these optical systems fully perform each purpose to intend, to improve system performance is needed further. this invention person specified that there was the necessity of minimizing the influence of a reticle double reflex. The optical system which has a narrow line width critical size (CD) control error which can be received to system performance is needed.

[0005]

By introducing the compensation for controlling exposure polarization, the influence of the performance of the reticle double reflex in a polarization photosensitivity incident light study element including a reflective refraction incident light study element is restricted. When a reticle board shows a double reflex, polarization of the light on which it was projected via the optical system changes.

[0006]

This change changes the performance of the whole system. The characteristics, such as

reflectance, insertion loss, and a beam splitter ratio, differ for every polarization. Thereby, the dose error in a wafer arises. A dose error contributes to a line width CD control error.

[0007]

A dose error may be produced from a reticle double reflex even to completely suitable polarization. Although this influence is comparatively small, a dose error becomes quite large, when a reticle board shows a double reflex and that input light has a small error with a reticle board. This invention minimizes the influence of a reticle double reflex by optimizing the exposure which changed the exposure polarization based on input light slightly. Thereby, a dose error is minimized. By this minimization, reduction of a line width CD control error arises.

[0008]

In a certain embodiment, a reflective refracted-light reduction system has the variable compensation over a reticle retardation before a long conjugate end. The variable compensation ingredient (singular number or plurality) in front of a reticle can adjust polarization a reticle or near the reticle to an ellipse. A variable compensation ingredient may be the compensator and/or Soleil BABINE compensator of a variable wavelength board, a reflection or a penetration thin film polarizer, and BEREKU (Berek).

[0009]

In a certain use, a reticle has a double reflex of a quantity quite smaller than wavelength. In such a use, a double reflex receives and changes a reticle. This variable double reflex changes the polarization condition [****] which introduces the dose error and related CD line width variation which are a function of a position.

[0010]

A polarization compensator enables optimization of an exposure polarization condition, in order to minimize a dose error. These small change adjusts polarization purity to a more perfect level as compared with the polarization purity of several percent needed in the conventional optical system.

[0011]

Polarization condition purity is adjusted by changing to actual polarization ellipse nature slightly. Generally, in the irradiation system for changing the polarization condition in a reticle, a compensator may be arranged at arbitrary places. However, in the case of powerful arbitrary light polarizers (for example, polarization analyzer), the compensator should be arranged at the reticle flank of light polarizer.

[0012]

A reflective refracted-light reduction system provides the comparatively high numerical aperture of 0.7 which can patternize the future smaller than 0.25 micron on 26 mm x the 5-mm field. Thereby, an optical reduction system is well adapted for tools, such as a photolithography use and a step which is used in semiconductor manufacture, and a scanning micro lithography exposure tool. Some of other embodiments combine the element of different refracting power, in order to expand the spectrum band region width which may be obtained.

[0013]

In another embodiment, this invention is a reflective refraction reduction system which has a polarization compensator, a reticle, the 1st lens group, the 2nd lens group, a beam splitter cube, a concentric circle concave mirror, and the 3rd lens group from an object or a long conjugate end to a reduction image or a short conjugate end. The concave mirror operates near the unit magnification. This reduces the diameter of the radiation inputted into the aberration and the beam splitter cube which are introduced in the mirror. The 1st lens and 2nd lens group in front of a concave mirror provide output sufficient for the aperture stop in a concave mirror and its neighborhood to imagine an entrance pupil infinitely. The 3rd lens group behind a concave mirror provides the projection to whether it reduced from the object to the image of an optical system, the becoming portion, and the infinite exit pupil of an aperture stop. High order aberration is reduced by using an aspheric surface concave mirror.

[0014]

The further embodiment, the feature, and advantage of this invention are indicated in detail below with reference to attached Drawings like the structure of various embodiments of this invention, and operation.

[0015]

The Drawings of the attachment which is included in this Description and forms some of these Descriptions illustrate this invention with the description, play the role explaining the principle of this invention further, and make it possible that a person skilled in the art performs this invention and to use it.

[0016]

Here, this invention is explained with reference to attached Drawings. In Drawings, the same reference mark shows a similar element functionally similarly. The number (singular number or plurality) of the leftmost of a reference number specifies the Drawings in which the reference mark appeared first.

[0017]

(Detailed explanation of a suitable embodiment)

I. Outline II. technical term III. the conventional optical system and reticle double reflex [] -- IV. polarization compensation [] -- optical system B. which has control of implementation A. laser radiation polarization of V. illustration -- another embodiment C. -- further embodiment [] -- I. outline This invention compensates a reticle double reflex. This raises the imaging quality of the reflective refraction reduction system of a photolithography. In order to explain this invention, a technical term section is provided first. Behind an outline section, the problem (drawing 2 A) of the reticle double reflex recognized by the conventional optical reduction systems (drawing 1) and this invention persons of illustration is explained. The optical element for attaining polarization compensation and the polarization compensation by this invention is indicated (drawing 2 B and drawing 2 C). The implementation of the illustration of this invention which finally has one or more compensators in the optical reduction system which raises imaging quality is explained (drawing 3 - drawing 9).

[0018]

II. Technical term In order to describe this invention more clearly, its best is done over the whole Description so that it may be consistent as much as possible and may become faithful to the following term regulations.

[0019]

The term "circuit mechanism" is designed in order to use it in a semiconductor device, and it points out a future.

[0020]

The term "dose error" points out change of power distribution of the radiation which enters into an image or a wafer plane.

[0021]

The term "future orientation" points out the pattern printed on the reticle to projection.

[0022]

The term "long conjugate end" points out the flat surface in the object or reticle end of an optical system.

[0023]

The term "short conjugate end" points out the flat surface in the image or wafer end of an optical system.

[0024]

The term "print bias" points out the change in the line on the wafer generated by the asymmetry of the optical system. Asymmetry is generated by diffraction on various stages of a system and a reticle.

[0025]

The term "semiconductor" points out the solid board which may be changed electrically.

[0026]

The term "semiconductor chip" points out the semiconductor device which has arbitrary numbers of a transistor or other components.

[0027]

The term "wafer" points out the base material in the semiconductor manufacture which performs a series of photo-mask steps, etching steps, and/or implementation steps.

[0028]

The term "wavelength plate" points out the retardation board or phase machine created from the material in which a double reflex is shown.

[0029]

III. A conventional optical system and reticle double reflex drawing 1 illustrate the conventional optical reduction system. Even at the short conjugate end by which a wafer is arranged from the long conjugate end by which a reticle is arranged, the conventional optical reduction system, It has the 1st optical element groups 120, the beam splitter cube 150, the 1st 1/4 wavelength plate 140, the concave mirror 130, the 2nd 1/4 wavelength plate 160, and the 2nd optical element groups 170. Each of these elements 120-170 was published by Williamson on July 16, 1996. It is indicated in the U.S. Pat. No. 5,537,260 item of a name "Catadioptric Optical Reduction System with High Numerical Aperture." The size of a numerical aperture and the requirements for spectrum radiation, and the future of arbitrary optical systems interdepend on each other. In order to emanate to a reticle efficiently, it may ask for linear polarization. In a certain case, it may ask for other exposure polarization conditions, for example, right-handed circularly polarized light, or left-handed circularly-polarized lights. the linear polarization introduced in the top -- or it limits to linear polarization mostly and the following sections are explained.

[0030]

As this invention person has recognized, almost all reticles are weak double reflexes. Therefore, a reticle changes the linear polarization used for being projected even on a wafer from a reticle. A reticle may polarize incidence linear polarization in ellipse to the almost same, but quite small grade as a wavelength plate. Thereby, the dose error in the wafer expanded selectively at least is introduced by the future orientation to a reticle. A dose error contributes to a line width CD control error even to suitable polarization. A line width CD control error has an adverse effect to the performance of a semiconductor device.

[0031]

Drawing 2 A illustrates the double refraction property of the reticle 110. The reticle 110 is arranged at the course of the linear polarization 210. The vector diagram 205 illustrates the linear position of polarization. The reticle 110 is a weak retarder, namely, the reticle 110 shows the double reflex of few sizes. Light differs and polarizes so that it may be shown after the reticle 110 by the curve in the optical power 230. The vector diagram 235 shows the chip 237 and the spread 238 of light which leave a reticle.

[0032]

IV. Polarization compensation A wavelength plate (a retardation board or a phase machine) is formed from the material in which a double reflex is shown. A double refraction material including a vitrified material and crystal under internal stress or external force is aeolotropism mostly. This means that it differs towards electronic atomic union power differing, and refractive indicees differ similarly as a result.

[0033]

The simplest classification of a crystal is a crystal symmetrical with a cube. In a cubic, all the three crystallographic directions or axes are equivalent. In $n_x = n_y = n_z$, a crystal is isotropy optically.

Irrespective of how light polarizes to a crystal, light receives the same refractive index and, thereby,

receives the same phase retardation. Therefore, except for repeating fixed phase retardation, even after any polarization moves through an isotropic crystal without a defect, it does not continue not changing. (This is applied also to an amorphous board like [again] glass.)

However, another classification of a crystal shows the asymmetric (or aeolotropism) optical characteristic. They are publicly known as a doubly refracting crystal. The type with a double reflex is a monopodium and this means differing [one crystal axis]-from other two, i.e., $n_z \neq n_x = n_y$. The common crystals whose optical properties are monopodia are quartz, calcite, and MgF_2 . One crystal axis which is a monopodium is often called "extraordinary light" axis, and the related refractive index is expressed as n_e . On the other hand, other two axes are "ordinary light" axes which have refractive-index n_o .

[0034]

In the case of monopodium doubly refracting crystals, such as quartz, one axis of symmetry (actually one direction) known as an optical axis shows the two different principal indices of refraction. This is maximum-refractive-index n_o (slow axis) and minimum refractive-index n_e (fast axis).

[0035]

According to the technical term of an uniaxial crystal, the following displays, i.e., fast axis, and slow axes are used. The axis which has the smallest refractive index is a fast axis. Like quartz, when it is $n_e < n_o$, an unusual optic axis is a fast axis and the Tsunemitsu axis is a slow axis. On the contrary, like calcite and MgF_2 , when it is $n_e > n_o$, an unusual optic axis is a slow axis and the Tsunemitsu axis is a fast axis. According to the definition, quartz is called a positive uniaxial crystal and calcite is called a negative uniaxial crystal. These two refractive indices correspond to an optical field oscillation parallel to an optic axis, and vertical.

[0036]

The input light by which linear polarization was carried out in accordance with the Tsunemitsu axis of a crystal functions as a Tsunemitsu wave, and receives refractive-index n_o . If light rotates a crystal so that linear polarization may be carried out in accordance with the unusual optic axis of a crystal, light will function as an extraordinary wave which shows refractive-index n_e . Even if light passes the same course length physically in these two cases, phase retardation will differ from optical course length.

[0037]

Therefore, in the case of quartz, a maximum refractive index is a result of the ordinary ray which passes the material in alignment with a certain optical course. The minimum refractive index is a result of the extraordinary ray which passes the material in alignment with another optical course. The speed of the ordinary ray and extraordinary ray which pass along a double refraction material changes violently with a refractive index. When combining two beams of light again, the difference of speed produces phase contrast. It is this when entering a linear-polarized-light line, [0038]

[Mathematical formula 1]

$$\alpha = 2\pi d \frac{(n_e - n_o)}{\lambda};$$

Be alike is given and, as for phase contrast and d, each refractive index of extraordinary light and ordinary light and lambda of the thickness of a wavelength plate, n_e , and n_o are [alpha] wavelength

here. Therefore, in arbitrary specific wavelength, phase contrast is controlled with the thickness of a wavelength plate.

[0039]

the thickness of $1/4$ wavelength plate -- phase contrast -- $1/4$ wave of (zero -- it seems that it increases next) or $1/4$ wave of several times (many -- following) When the angle between the entering electric field vector of a linear-polarized-light line and the retardation principal section of $1/4$ wavelength plate is 45 degrees, circular light of the beam to generate is carried out.

[0040]

If $1/4$ wavelength plate is passed twice, light will be reflected by the mirror, for example, and when $1/4$ wavelength plate is passed twice, it acts like a half-wave plate and makes a certain angle rotate a polarization flat surface.

[0041]

The thickness of the double refraction material which introduces one fourth of the wavelength of incident light means $1/4$ wavelength plate. This is compared with two thickness of the material of the thing which added $1/4$ wave to the integral multiple of the half-wave length, or a phase retardation which is different only as for $1/4$ wave. the adverse effect of the change by that cause with the big degree of incidence angle -- zero -- use of the following wavelength plate -- and in a high numerical aperture, it is minimized by restricting the field size of incident planes.

[0042]

similarly, phase contrast seems to be [the thickness of a half-wave plate] $1/2$ wave (zero next) or $1/2$ wave of odd times (many -- following). The linear polarization beam which enters into a half-wave plate is emitted as a linear polarization beam rotated so that it might be an angle whose angle to an optic axis is twice the incident beam.

[0043]

although variable wavelength boards may be some modes -- the characteristic of these variable wavelength boards -- the above -- many -- it may have the following characteristic and the same characteristic that is not good. however, the wavelength plate which can adjust a retardation continuously -- zero -- in order to use the next, there is available technology. Such a variable wavelength board is called a polarization compensator, and can obtain the retardation of the wavelength of the wide range containing $1/4$ wave and the half-wave length using it. The compensator of two types mainly exists. It is a BEREKU compensator and a soleil BABINE compensator.

[0044]

The characteristic of these two compensators is shown by drawing 2 B and drawing 2 C. Drawing 2 B illustrates the characteristic of a BEREKU compensator. Drawing 2 C illustrates the characteristic of a soleil BABINE compensator.

[0045]

The BEREKU compensator shown in drawing 2 B is produced from the single flat surface omitted with the unusual optic axis vertical to a flat surface. When the light 240 enters at right angles to a flat surface, light spreads at the speed independent of polarization. In this case, there is no retardation in the outputted ray 245. It is because it is only that light receives refractive-index n_o . this light -- an unusual optic axis -- " -- carrying out -- there is nothing (ignorant) -- ". However, when the board 250 separates from the direction of the light 240, or the light 240 and inclines (it is shown by board 250'), one of the axes of incident planes becomes unusual slightly. Here, the axis has effective-index n'_e given in following formulas.

[0046]

[Mathematical formula 2]

$$\frac{1}{n_e'} = \sqrt{\frac{\cos^2 \theta_R}{n_o^2} + \frac{\sin^2 \theta_R}{n_e^2}}$$

The unusual optic axis is vertical to the board. By inclination, in outputted ray 245', a double reflex arises and, thereby, a phase retardation arises. Even if the quantity of the retardation of a BEREKU compensator is dependent on the grade of inclination, it has angle sensitivity equal to other compensators. A BEREKU compensator lowers cost and optical loss, while it is attractive, and this holds the diversity of soleil BABINE as shown below since it consists only of one board of an uniaxial crystal.

[0047]

Soleil BABINE consists of what accumulated two monopodium boards efficiently [both]. Drawing 2 C shows the boards 260 and 270 and the boards 280 and 290. The unusual optic axis of two boards is mutually vertical, and thereby, the role of the Tsunemitsu axis and an unusual optic axis will be reversed, if light passes the board of another side after one board. The phase contrast or the retardation accumulated by the board 260 (280) may be offset selectively or thoroughly with the board 270 (290).

[0048]

A variable compensator is produced by designing the board 260 (280) as two complementary wedges, as shown in the wedge pairs 263 and 265 and the wedge pairs 283 and 285. Thus, all the effective thickness of the board 260 (280) may be adjusted by sliding the wedge 263 to the wedge 265. This is illustrated to drawing 2 C. When the thickness of the board 260 (280) is correctly equal to the thickness of the board 270 (290), it becomes a retardation of net zero.

[0049]

Although the operation is understood easily, the soleil BABINE compensator is comparatively expensive and is obtained. It is because three carried uniaxial crystals which were made carefully are needed. Another fault of a soleil BABINE compensator is that originate in the reflection from six interfaces which exist in the design, and there is a loss extremely.

[0050]

(V. Implementation of illustration)

(A. Optical system which has control of laser radiation polarization)

In order to minimize the dose error in the polarization photosensitivity incident light study system produced by change of the double reflex to a reticle, a variable wavelength board is used for this invention. A single polarization compensator provides the whole reticle with a single compensation so that it may be indicated to a figure. In a certain embodiment, many complicated amendment machines can provide the amendment which changes as a function of a reticle position.

[0051]

A compensator system may be designed in another embodiment offset the exposure polarization for compensating a local reticle double reflex.

[0052]

In a certain embodiment, even evaluation of a polarization condition is ***** to exposure to dose control. For example, a polarization condition is equalized to a reticle. Drawing 3 illustrates the embodiment of this invention which deletes such asymmetry or print bias. The BEREKU compensator 305 is introduced in front of an object or the reticle flat surface 110. The BEREKU compensator 305 carries out fine tuning of the light of the reticle plane polarized light, and is made to adjust it to a state [****] almost just at a reticle flat surface. In an embodiment with an optical irradiation system without a loss, a compensator introduces the amendment to polarization equal to

a polarization condition without a compensator. Although amendment is a sign showing an opposite meaning, it separates from a state [****]. When an incident light study element has a double reflex of a small quantity which is not meant in front of powerful arbitrary light polarizers, the exposure compensator can offset the further quantity that compensates this double reflex. Therefore, the dose error produced by the double reflex of a reticle is minimized, and its line width control improves.

[0053]

(B. Another embodiment)

It is clear to a person skilled in the art that it may be inserted in the system in front of the reticle 110 instead of the soleil BERIE compensator 405 being BEREKU 305. This embodiment that the soleil BERIE compensator 405 achieves the same function as the BEREKU compensator 305, and generally commits in the same characteristic as mentioned above is shown in drawing 4.

[0054]

(C. Further embodiment)

This invention may be realized in various projection optics systems. For example, this invention may be realized in the catadioptric system, refraction system, and reflective system which are explained in detail into this Description. If are based on the contents of instruction provided in this Description at least and it will be a person skilled in the art, the embodiment of this invention will understand that it can apply to other reduction systems. Below is provided with the further detailed embodiment of this invention.

[0055]

The further embodiment that has the variable wavelength boards 505, 605, 705, 805, and 905 is described in detail below with reference to drawing 5 – 9. The variable wavelength boards 505, 605, 705, 805, and 905 are not limited to a variable wavelength board, and although they may be arbitrary types among the variable compensators containing a stratified wavelength plate and opposite mirror, the compensator of BEREKU, and/or a soleil BABINE compensator, generally, they are not limited to these.

[0056]

Drawing 5 shows another embodiment of the optical reduction system of this invention containing the variable wavelength board 505 in the lighting system for providing compensation for a reticle double reflex. This optical reduction system from the long conjugate end of drawing 5. The variable wavelength board 505, an object or the reticle side 110, 1st lens group LG1, the foldaway mirror 520, 2nd lens group LG2, the beam splitter cube 530, the 1st 1/4 wavelength plate 532, the concave surface mirror 534, the 2nd 1/4 wavelength plate 538, and lens group LGof ** 3rd3 are included. A picture is formed in an image face or the wafer surface 180. Lens group LGof ** 1st1 contains the duplet and the positive lens 518 which vacate the interval containing the shell 512, the positive lens 514, and the negative lens 516, and are arranged. The shell 512 is about 0 output or an output lens of 0. Lens group LGof ** 2nd2 contains the duplet and the negative lens 528 which vacate the interval containing the positive lens 522, the negative lens 524, and the positive lens 526, and are arranged. Lens group LGof ** 3rd3 contains the two positive lenses 546 and 548 which are [which are positive / strong / the two positive lenses 540 and 542, the shell 544, and positive / weak]. The foldaway mirror 520 is not indispensable in order to operate this invention. However, a foldaway mirror enables an object face and an image face to become parallel. This is convenient for the application made into one purpose of the optical system of this invention. This application is manufacture of the semiconductor device using the photo lithography by the step and a scan system.

[0057]

It goes into a system in a long conjugate end, and passes along lens group LGof ** 1st1, and it is reflected by the foldaway mirror 520 and radiation passes along lens group LGof ** 2nd2. It goes into the beam splitter cube 530, and is reflected on the surface 536, and radiation passes the 1/4

wavelength plate 532, and is reflected by the concave surface mirror 534. Subsequently, radiation passes along the 1/4 wavelength plate 532 and the beam splitter cube 530 again, passes along the 1/4 wavelength plate 538 and lens group LG3, and can double a focus in a picture or the wafer surface 180.

[0058]

Lens group upper stream LG1 of a mirror and LG2 are the concave surface mirrors 534, or they provide only sufficient output to carry out image formation of the entrance pupil in infinite distance to the aperture stop 531 in the neighborhood. The output which combined the lens groups LG1 and LG2 is negative slightly. The shell 512 and the void duplets 514 and 516 help the aberration compensation containing astigmatism, a curvature of field, and distortion. Lens group LG3 after the concave surface mirror 534 provides most reduction to image size from an object, and it projects an aperture stop to the outgoing radiation pupil of infinite distance. The two strong positive lenses 540 and 542 provide the high numerical aperture in the outgoing radiation pupil in a picture and infinite distance. The shell 544 hardly has an output. The two weak positive lenses 546 and 548 promote amendment of the aberration of a high order number. The concave surface mirror 534 can provide reduction percentage 1.6 to 2.7 times the reduction percentage of the whole system.

[0059]

The negative lens 524 in lens group LGof ** 2nd2 provides the strong diverging beam turned to the beam splitter cube 530 and the concave surface mirror 534. The strong positive lens 522 provides lateral color correction. The void duplet containing the lenses 524 and 526 helps to amend a spherical aberration and a coma aberration. The concave surface mirror 534 is an aspheric surface preferably, therefore it is useful to reduce high order aberration further.

[0060]

The transmission loss produced by the beam splitter cube 530 is minimized by irradiating with an object or a reticle and including the 1/4 wavelength plate 532 between the beam splitter cube 530 and the concave surface mirror 534 by linearity polarization. The maximum angle range in these elements is no longer seen by increasing the 3rd numerical aperture of lens group LG3 after the concave surface mirror 534 and the beam splitter cube 530.

[0061]

However, if the linear polarization of a bigger numerical aperture than about 0.5 is used, in image formation, it is minute, but remarkable asymmetry arises. In this invention, the above-mentioned thing may be effectively lost by introducing 1/4 another wavelength plate 538, after passing along the beam splitter cube 530 at the end, and changing linear polarization into circular light. Fundamentally in that image formation action, unpolarized light and distinction are impossible for this circular light.

[0062]

The optical system shown in drawing 5 is designed operate with the reduction percentage of 4 to 1. Therefore, the numerical aperture in picture space decreases from 0.7 by the factor of 4-0.175 in an object or the reticle side 110. That is, an object space numerical aperture is 0.175 and a picture space numerical aperture is 0.7. When lens group LGof ** 1st1 is left, a numerical aperture decreases to 0.12 and, as a result, a right output is needed for carrying out image formation of the entrance pupil in infinite distance to the aperture stop of the system near the concave surface mirror 534 lens group LG1. A numerical aperture is 0.19 when it goes into a beam splitter, after leaving lens group LGof ** 2nd2. Therefore, the 2nd outgoing radiation numerical aperture (0.19) from lens group LG2 is large compared with incidence of lens group LG1, or an object space numerical aperture (0.175). That is, lens group LGof ** 2nd2 has a bigger outgoing radiation numerical aperture than the 1st number of incidence openings of lens group LG1. This originates in the 2nd whole negative output of lens group LG2, and is extremely similar with the object space numerical aperture (0.175). This has [zero] a typically near numerical aperture included in a beam splitter cube, namely, differs from the conventional system mostly made parallel. The concave

surface mirror 534 is almost concentric, and it is only that the numerical aperture of the radiation reflected from the concave surface mirror 534 increases slightly from 0.19 to 0.35. Lens group LGof ** 3rd3 doubles a numerical aperture effectively to the final value 0.7 in a wafer or the image face 180.

[0063]

This invention attains a comparatively high numerical aperture, without the edge of a beam splitter cube interrupting by the negative 2nd lens group LG2 and lens group LGof ** positive 3rd3 [strong]. It is important in this invention to use not a board beam splitter but the beam splitter cube 530. Because, it is a bigger numerical aperture than about 0.45, and is because a beam splitter cube provides better performance. The numerical aperture in a cube decreases with the refractive index of glass, and when it enters into the board beam splitter in which the un-parallel beam carried out the tilt, there is no aberration produced by the board beam splitter. The constitution data of the lens system shown in drawing 5 by this invention is shown in the following table 1.

[0064]

[Table 6]

表 1

エレメント	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	アピチャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
505	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			0.7500			
110	無限遠		63.3853			
空間			0.7500			
512	-158.7745	-177.8880	15.0000	124.0478	131.7725	シリカ
空間			36.1130			
514	-556.6911	-202.0072	22.2126	148.3881	152.5669	シリカ
空間			38.7188			
516	-183.7199	-558.8803	15.0000	156.5546	166.5750	シリカ
空間			10.0674			
518	427.2527	-612.2450	28.8010	177.4010	179.0292	シリカ
空間			132.3320			
520	無限遠		-74.0000	184.6402		反射
522	-240.4810	2050.9592	-33.3135	188.4055	185.3395	シリカ
空間			-29.3434			
524	421.7829	-145.6176	-12.0000	175.5823	169.0234	シリカ
空間			-4.2326			
526	-150.4759	472.0653	-46.5091	171.4244	169.9587	シリカ
空間			-2.0000			
528	-1472.2790	-138.2223	-15.0000	165.3586	154.8084	シリカ
空間			-27.2060			
530	無限遠	無限遠	-91.8186	155.6662	253.0917	シリカ
536	無限遠			253.0917		反射
530	無限遠	無限遠	91.8186	253.0917	253.0917	シリカ
空間			2.0000			
532	無限遠	無限遠	6.0000	185.8693	186.8401	シリカ

(表1の続き)

空間			17.9918			
ストップ				188.0655		
534	非球面		-17.9918	188.0655		反射
532	無限遠	無限遠	-6.0000	183.5471	180.1419	シリカ
空間			-2.0000			
530	無限遠	無限遠	-91.8186	178.3346	149.2832	シリカ
530	無限遠	無限遠	-70.000	149.2832	128.8604	シリカ
空間			-2.0000			
538	無限遠	無限遠	-4.500	127.9681	126.6552	シリカ
空間			-0.7500			
540	-175.1330	1737.4442	-17.7754	121.4715	118.2689	シリカ
空間			-0.7500			
542	-108.8178	-580.1370	-18.2407	104.5228	97.7967	シリカ
空間			-0.7500			
544	-202.2637	-86.6025	-31.1216	91.7061	57.4968	シリカ
空間			-2.3507			
546	-122.1235	-488.7122	-17.9476	56.4818	41.1675	シリカ
空間			-0.2000			
548	-160.8506	-360.1907	-6.1500	39.4528	33.5764	シリカ
空間			-4.000			
180	無限遠			26.5019		

The concave surface mirror 534 has an aspheric surface reflector according to the following formulas.

[0065]

[Mathematical formula 3]

$$Z = \frac{(CURV)Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(CURV)^2 Y^2}} + (A)Y^4; \\ + (B)Y^6 + (D)Y^{10} + (E)Y^{12} + (F)Y^{14}$$

A constant is as follows here.

$CURV=-0.00289051$ $K=0.000000$ $A=6.08975 \times 10^{-11}$ $B=2.64378 \times 10^{14}$ $C=9.82237 \times 10^{-19}$ $D=7.98056 \times 10^{-23}$ $E=-5.96805 \times 10^{-27}$ $F=4.85179 \times 10^{-}$

The lens by the composition of the 31 table 1 is optimized to the radiation whose center is 248.4 nanometers. One refraction material which makes the great portion of silica glass and refracting power restricts the spectrum band region width of the embodiment shown in drawing 5 to about 10 picometer, i.e., 0.01 nanometer. This spectrum band region width is very well suitable for the source of a krypton fluoridation excimer laser beam of narrow line width. The embodiment shown in drawing 5 may be optimized to the arbitrary wavelength which silica glass penetrates appropriately.

[0066]

Wider spectrum band region width may be attained using two optical materials which have different distribution. A 2nd embodiment of this invention is shown in drawing 6. From the long conjugate end of drawing 6. The 1st 1/4 wavelength plate 608, an object. Or the reticle side 110, the 2nd 1/4 wavelength plate 611, lens group LG4, the foldaway mirror 622, lens group LG5, the beam splitter cube 632 that has the surface 638, the 1st 1/4 wavelength plate 634, the concave surface mirror 636, the 2nd 1/4 wavelength plate 640. And lens group LG6 is included. A picture is formed in a picture or the wafer surface 180. Lens group LG4 contains the duplet which vacates the interval containing the negative lens 612 and the positive lens 614, and is arranged, the weak positive lens 616, the positive lens 618, and the shell 620. Lens group LG5 contains the positive lens 624, the negative lens 626, the positive lens 628, and the negative lens 630. Lens group LG6 contains the compound duplet containing the compound duplet containing the two positive lenses 642, the positive lens 644, and the negative lens 646, the positive lens 648, and the shell 650 and the positive lens 652.

[0067]

This 2nd embodiment uses calcium fluoride for one and 2 of the positive lenses of lens group LG6 of each positive lens of lens group LG4, and each negative lenses of lens group LG5. The constitution data of a 2nd embodiment shown in drawing 6 of this invention is shown in the following table 2.

[0068]

[Table 7]

表 2

エレメント	曲率半径 (mm)		厚さ	アパーチャ直径 (mm)		
番号	前	後	(mm)	前	後	ガラス
605	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			0.5000			
110	無限遠		60.4852			
空間			0.5000			
612	-205.5158	539.1791	15.2158	124.0926	137.3346	シリカ
空間			8.8054			
614	2080.9700	-210.6539	32.4984	142.6149	151.7878	シリカ
空間			1.2676			
616	310.4463	700.3748	40.7304	162.4908	165.2126	CaF ₂
空間			0.5000			
618	634.1820	-798.8523	27.5892	165.4595	166.4747	シリカ
空間			0.5000			
620	1480.0597	1312.1247	25.4322	168.7516	164.7651	シリカ
空間			136.2343			
622	無限遠		-74.0000	161.9590		反射
624	-761.9176	1088.9351	-19.2150	160.3165	159.2384	シリカ
空間			-19.9465			
626	648.8361	-202.5872	-12.0000	155.1711	153.0635	CaF ₂
空間			-7.6304			
628	-400.4276	458.5060	-25.8769	153.0635	153.8055	シリカ
空間			-2.0000			
630	-818.0922	-168.5034	-27.5927	152.6663	147.5200	CaF ₂
空間			-20.5014			
632	無限遠	無限遠	-91.7553	148.6158	252.7349	シリカ
638	無限遠			252.7349		反射
632	無限遠	無限遠	91.7553	252.7349	252.7349	シリカ

(表2の7ページ)

空間			2.0000			
634	無限遠	無限遠	6.0000	185.8070	187.0026	シリカ
空間			18.1636			
ストップ				188.5681		
636	非球面		-18.1636	188.5681		反射
634	無限遠	無限遠	-6.0000	184.2566	181.1084	シリカ
空間			-2.0000			
632	無限遠	無限遠	-91.7553	179.3838	151.7747	シリカ
632	無限遠	無限遠	-70.0000	151.7747	133.3985	シリカ
空間			-2.0000			
640	無限遠	無限遠	-4.5000	132.5690	131.3876	シリカ
空間			-0.5000			
642	-112.0665	-597.6805	-21.4866	123.4895	119.2442	シリカ
空間			-0.5000			
644	-116.3137	282.3140	-24.0940	107.8451	101.2412	CaF ₂
646	282.3140	-66.5293	-13.7306	101.2412	72.6862	シリカ
空間			-2.6346			
648	-77.2627	-374.4800	-17.9594	72.0749	62.7659	シリカ
空間			-0.5452			
650	-130.1381	-57.1295	-20.8147	58.9696	37.4889	シリカ
652	-57.1295	-7305.8777	-6.1425	37.4889	34.3156	CaF ₂
空間			-4.0000			
180	無限遠			26.4992		

Here, the constant of the aspheric surface mirror 634 used for the formula after Table 1 is as follows.

$CURV = -0.00286744K = 0.000000A = -1.92013 \times 10^{-09} B = -3.50840 \times 10^{-14} C = 2.95934 \times 10^{-19} D = -1.10495 \times 10^{-22} E = 9.03439 \times 10^{-27} F = -1.39494 \times 10^{-31}$ -- this 2nd embodiment is optimized to the radiation whose center is 193.3 nanometers.

It has about 200 picometer, i.e., a spectrum band region width of 0.2 nanometer.

The argon fluoridation excimer laser of slightly narrow line width is a suitable light source. This design may be optimized to the arbitrary wavelength which both refraction materials penetrate appropriately. Generally bandwidth increases to long wave length more as distribution of material becomes small. For example, such two materials designs operate near 248.4 nanometer covering the bandwidth of at least 400 picometer (0.4 nanometer).

[0069]

By long wave length, it begins to penetrate appropriately in the wider range of optical glass rather than 360 nanometers. A 3rd embodiment shown in drawing 7 decreases distribution further using the wide selection range of this glass. A 3rd embodiment from the long conjugate end of drawing 7. An object or the reticle side 110, lens group LG7, the foldaway mirror 722, lens group LG8, the beam splitter cube 732 that has the surface 738, the 1st 1/4 wavelength plate 734, the concave surface mirror 736, the 2nd 1/4 wavelength plate 740, and lens group LG9 are included. A picture is formed in a picture or the wafer surface 180. Lens group LG7 contains the duplet and the positive lens 720 which vacate the duplet which vacates the interval containing the negative lens 712 and the positive lens 714, and is arranged, and the interval containing the positive lens 716 and the negative lens 718, and are arranged. Lens group LG8 contains the positive lens 724, the negative lens 726, the positive lens 728, and the negative lens 730. Lens LG9 contains the compound duplet containing the compound duplet containing the positive lens 742, the positive lens 744, and the negative lens 746, the positive lens 748, and the shell 750 and the positive lens 752.

[0070]

The constitution data of a 3rd embodiment shown in drawing 7 is shown in the following table 3.

[0071]

[Table 8]

表3

エリメント	曲率半径 (mm)		厚さ	アパチ直径 (mm)		
番号	前	後	(mm)	前	後	ガラス
705	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			0.5000			
110	無限遠		59.2960			
空間			0.5000			
712	-620.7809	361.8305	20.2974	125.9406	134.7227	PBM2Y
空間			2.6174			
714	515.7935	-455.1015	39.8858	135.3384	145.6015	PBM2Y
空間			14.7197			
716	431.3189	-239.4002	36.9329	155.6269	157.3014	BSL7Y
空間			0.5000			
718	-259.6013	685.3286	26.3534	156.9363	162.2451	PBM2Y
空間			1.4303			
720	361.5709	-1853.2955	23.3934	168.7516	165.1801	BAL15Y
空間			131.8538			
722	無限遠		-77.8469	169.9390		反射
724	-429.2950	455.4247	-32.3086	173.0235	171.1102	PBL6Y
空間			-27.6206			
726	401.0363	-180.0031	-12.0000	159.3555	154.7155	BSL7Y
空間			-5.6227			
728	-258.4722	1301.3764	-26.1321	154.7155	154.1517	PBM8Y
空間			-2.0000			
730	-1282.8931	-180.2226	-12.0000	153.1461	149.4794	BSL7Y
空間			-19.7282			
732	無限遠	無限遠	-91.7349	150.4585	252.6772	シリカ
738	無限遠			252.6772		反射
732	無限遠	無限遠	91.7349	252.6772	252.6772	シリカ
空間			2.0000			

(表3のつぎ)

734	無限遠	無限遠	6.0000	185.6435	186.7758	シリカ
空間			18.2715			
ストップ				188.1745		
736	非球面		-18.2715	188.1745		反射
734	無限遠	無限遠	-6.0000	183.6393	180.1377	シリカ
空間			-2.0000			
732	無限遠	無限遠	-91.7349	178.3236	147.9888	シリカ
732	無限遠	無限遠	-70.0000	147.9888	126.9282	シリカ
空間			-2.000			
740	無限遠	無限遠	-4.5000	126.0289	124.6750	シリカ
空間			-0.5000			
742	-119.8912	-610.6840	-18.6508	117.5305	113.4233	BSM51Y
空間			-0.5000			
744	-114.1327	384.9135	-21.1139	102.6172	96.4137	BSL7Y
746	384.9135	-70.2077	-13.0576	96.4137	71.1691	PBL26Y
空間			-2.8552			
748	-85.7858	-400.3240	-16.9147	70.5182	61.2633	BSM51Y
空間			-0.8180			
750	-151.5235	-54.0114	-19.5810	57.6234	37.3909	BSM51Y
752	-54.0114	-2011.1057	-6.3947	37.3909	34.2119	PBL6Y
空間			-4.0000			
180	無限遠			26.5002		

Here, the constant of the aspheric surface mirror 736 used for the formula after Table 1 is as follows.

$CURV = -0.00291648K = 0.000000A = -1.27285 \times 10^{-09} B = -1.92865 \times 10^{-14} C = 6.21813 \times 10^{-19} D = -6.80975 \times 10^{23} E = 6.04233 \times 10^{-27} F = 3.64479 \times 10^{-32}$ — as for this 3rd embodiment, the center operates covering a spectrum band region width of 8 nanometers at 365.5 nanometers. Radiation of this spectrum band region width may be provided by the mercury arc lamp filtered in I line wave band. Generally optical glass other than the silica glass used in this 3rd embodiment is known as I line glass. These optical glass has absorption or the solarization effect at least in mercury I line wavelength.

[0072]

Drawing 8 shows a 4th embodiment of the optical reduction system of this invention. This embodiment has a numerical aperture of 0.63 and the center can operate by the spectrum band region width of 300 picometer (preferably 100 picometer) in 248.4 nanometers. From the long

conjugate end of drawing 8, an optical reduction system, An object or the reticle side 110, 1st lens group LG1, the foldaway mirror 820, 2nd lens group LG2, the beam splitter cube 830, the 1st 1/4 wavelength plate 832, the concave surface mirror 834, the 2nd 1/4 wavelength plate 838, and lens group LGof ** 3rd3 are included. A picture is formed in a picture or the wafer surface 180.

[0073]

Lens group LGof ** 1st1 contains the duplet and the positive lens 818 which vacate the interval containing the shell 812, the positive lens 814, and the negative lens 816, and are arranged. Lens group LGof ** 2nd2 contains the duplet and the negative lens 828 which vacate the interval containing the positive lens 822, the negative lens 824, and the positive lens 826, and are arranged. Lens group LGof ** 3rd3 contains the two positive lenses 840 and 842, the shell 844, and the two positive lenses 846 and 848. Too, like the embodiment shown in drawing 5, although the foldaway mirror 820 of drawing 8 is not indispensable in operation of this invention, it can make parallel mutually the object 110 and the image face 180 also here. This is convenient for manufacturing a semiconductor device using photo lithography.

[0074]

The constitution data of a 4th embodiment shown in drawing 8 is shown in the following table 4.

[0075]

[Table 9]

表 4

エレメント	曲率半径 (mm)		厚さ	P.O-チャ直径 (mm)		
番号	前	後	(mm)	前	後	ガラス
805	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			2.0000			
110	無限遠		63.3853			
空間			2.0000			
812	-183.5661	-215.7867CX	17.0000	122.8436	130.6579	シリカ
空間			46.6205			
814	-401.1533CC	-230.9702CX	21.4839	149.1476	153.3103	シリカ
空間			68.8075			
816	-195.1255	-345.4510CX	15.0000	161.6789	170.1025	シリカ
空間			3.0000			
818	435.8058CX	-1045.1785CX	24.9351	177.4250	178.2672	シリカ
空間			130.0000			
		偏心(1)				
820	無限遠		-64.5000	180.3457		反射
822	-210.7910CX	380.1625CX	-43.1418	181.6672	178.0170	シリカ
空間			-15.8065			
824	300.1724CC	-123.4555CC	-12.0000	166.7278	152.3101	シリカ
空間			-3.8871			
826	-126.8915CX	972.6391CX	-41.3263	154.8530	151.8327	シリカ
空間			-1.5000			
828	-626.4905CX	-116.6456CC	-12.0000	147.6711	136.1163	シリカ
空間			-31.8384			
830	無限遠	無限遠	-74.0000	137.2448	200.1127	シリカ
		偏心(2)				
836	無限遠			200.1128		反射

(表4のつぎ)

830	無限遠	無限遠	74.0000	200.1127	200.1127	シリカ
空間			2.0000			
832	無限遠	無限遠	6.0000	148.6188	149.0707	シリカ
空間			14.4638			
ストップ				149.6392		
834	非球面		-14.4638	149.6392		反射
832	無限遠	無限遠	-6.0000	144.8563	141.2737	シリカ
空間			-2.0000			
830	無限遠	無限遠	-74.000	139.3606	117.3979	シリカ
		偏心的				
830	無限遠	無限遠	-61.000	117.3979	100.5074	シリカ
空間			-2.0000			
838	無限遠	無限遠	-4.5000	99.6617	98.4157	シリカ
空間			-1.2000			
840	-157.8776CX	2282.2178CX	-13.7501	94.8267	91.8775	シリカ
空間			-1.2000			
842	-94.0059CX	-46.6659CC	-13.4850	82.8663	78.1418	シリカ
空間			-1.2000			
844	-147.2485CX	-77.8924CC	-22.2075	72.7262	50.6553	シリカ
空間			-3.2091			
846	-159.2880CX	-319.4850CC	-13.8321	49.5648	39.0473	シリカ
空間			-0.2000			
848	-129.3683CX	-426.7350CC	-6.1500	37.3816	32.4880	シリカ
空間	画像距離=		-4.0000			
850	画像	無限遠				

Here, the constant of the aspheric surface mirror 834 used for the formula after Table 1 is as follows.

CURV=-0.00332614K=0.000000A=-4.32261E-10B=3.50228E-14C=7.13264E-19D=2.73587E-22 This 4th embodiment is optimized to the radiation whose center is 248.4 nm. One refraction material which makes the great portion of silica glass and refracting power restricts the spectrum band region width of the embodiment shown in drawing 8. However, since a 4th embodiment has not 0.7 maximum mandibular movements but 0.63 maximum mandibular movements like first three embodiments, a 4th embodiment, The image formation which may be permitted over half wave quantity overall-width value 300 picometer (or preferably 100 picometer) of a spectrum is provided.

Therefore, at the former, narrow excimer laser may be adopted as a light source by the latter which is not narrow.

[0076]

A 4th embodiment differs from first three embodiments in respect of the following. That is, the output of the net of LG1 and LG2 of a 4th embodiment is positive [weak / not negative but weak] as in first three embodiments. This shows that the light-gathering power of the whole which doubled LG1 and LG2 makes it possible to be in positive or negative any, and to be the concave surface mirror 834 about an entrance pupil in infinite distance too, or to carry out image formation near the.

[0077]

Drawing 9 shows a 5th embodiment of the optical reduction system of this invention. Preferably, this embodiment has the numerical aperture 0.60 and the center operates by the spectrum band region width of 300 picometer in 248.4 nanometers. This optical reduction system from the long conjugate end of drawing 9. The variable wavelength board 905 in a lighting system, an object. Or the reticle side 110, 1st lens group LG1, the foldaway mirror 920, 2nd lens group LG2, the beam splitter cube 930, the 1st 1/4 wavelength plate 932, the concave surface mirror 934, the 2nd 1/4 wavelength plate 938, and lens group LGof ** 3rd3 are included. A picture is formed in a picture or the wafer surface 180.

[0078]

Lens group LGof ** 1st1 contains the duplet and the positive lens 918 which vacate the interval containing the shell 912, the positive lens 914, and the negative lens 916, and are arranged. Lens group LGof ** 2nd2 contains the duplet and the negative lens 928 which vacate the interval containing the positive lens 922, the negative lens 924, and the positive lens 926, and are arranged. Lens group LGof ** 3rd3 contains the two positive lenses 940 and 942, the shell 944, and the two positive lenses 946 and 948. Too, like the embodiment shown in drawing 5, although the foldaway mirror 920 of drawing 9 is not indispensable in operation of this invention, it can make an object and an image face parallel mutually also here. This is convenient for manufacturing a semiconductor device using photo lithography.

[0079]

The constitution data of a 5th embodiment shown in drawing 9 is shown in the following table 5.

[0080]

[Table 10]

表 5

エレクト	曲率半径 (mm)		厚さ	アパチ直径 (mm)		
番号	前	後	(mm)	前	後	ガラス
905	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			1.1880			
910	無限遠		62.7514			
空間			1.1880			
912	-136.1134 CC	-132.5295 CX	16.8300	120.7552	129.4354	シリカ
空間			4.5206			
914	-270.1396 CC	-191.8742 CX	20.5341	132.9152	139.0377	シリカ
空間			90.8476			
916	-188.9000 CC	-284.7476 CX	17.5000	156.1938	165.6567	シリカ
空間			2.9700			
918	433.8174 CX	-841.5399 CX	25.8293	173.8279	174.8334	シリカ
空間			149.4549			
		偏心(1)				
920	無限遠		-61.0000	177.2183		反射
922	-198.3251 CX	-8413.4836 CC	-34.4584	178.5071	174.2260	シリカ
空間			-51.5487			
924	690.5706 CC	-144.4997 CC	-11.8800	150.4109	141.8021	シリカ
空間			-10.6267			
526	-263.9884 CX	1773.5314 CX	-24.1851	142.1851	141.2400	シリカ
空間			-1.5000			
928	-244.9899 CX	-142.8558 CC	-11.8800	139.3290	133.8967	シリカ
空間			-21.6411			
930	無限遠	無限遠	-71.2800	134.3115	189.7826	シリカ
		偏心(2)				

(表5のつぎ)

936	無限遠			189.7826		反射
930	無限遠	無限遠	71.2800	189.7826	189.7826	シリカ
空間			1.9800			
932	無限遠	無限遠	5.9400	142.3429	142.6707	シリカ
空間			18.5263			
ストップ				143.5034		
934	非球面		-18.5263	143.5034		反射
932	無限遠	無限遠	-5.9400	134.2788	130.9398	シリカ
空間			-1.9800			
930	無限遠	無限遠	-71.2800	130.1221	111.7247	シリカ
		偏心(3)				
930	無限遠	無限遠	-60.4000	111.7247	96.1353	シリカ
空間			-1.9800			
938	無限遠	無限遠	-4.4550	95.3562	94.2064	シリカ
空間			-1.1880			
940	-127.4561 CX	-1394.8019 CC	-13.0104	90.4737	87.7002	シリカ
空間			-1.1880			
942	-98.8795 CX	-424.1302 CC	-12.2874	80.7016	76.3270	シリカ
空間			-1.1880			
944	-132.0104 CX	-70.9574 CC	-17.8706	71.0789	53.4306	シリカ
空間			-3.1246			
946	-123.1071 CX	-585.4471 CC	-19.9496	52.6417	38.2256	シリカ
空間			-0.1980			
948	-137.8349 CX	-292.6179 CX	-6.0885	36.7251	31.8484	シリカ
空間	画像距離 =		-4.0000			
950	画像	無限遠		26.5000		

Here, the constant of the aspheric surface mirror 934 used for the formula after Table 1 is as follows.

CURV=-0.00325995K=0.000000A=-6.91799E-10B=5.26952E-15C=6.10046E-19D=1.59429E-22 This 5th embodiment is optimized to the radiation whose center is 248.4 nm. One refraction material which makes the great portion of silica glass and refracting power restricts the spectrum band region width of the embodiment shown in drawing 9. However, since a 5th embodiment has not 0.7 maximum mandibular movements but 0.6 maximum mandibular movements like first three

embodiments, a 5th embodiment provides the image formation which may be permitted over half wave quantity overall-width value 300 picometer of a spectrum. Therefore, the excimer laser which is not narrow may be adopted as a light source. A 5th embodiment differs from first three embodiments in respect of the following. That is, the output of the net of LG1 and LG2 of a 5th embodiment is positive [weak / not negative but weak] as in first three embodiments. This shows that the light-gathering power of the whole which doubled LG1 and LG2 makes it possible to be in positive or negative any, and to be the concave surface mirror 934 about an entrance pupil in infinite distance too, or to carry out image formation near the.

[0081]

(Conclusion)

Although the specific embodiment of this invention has been mentioned above, please understand that these are not what it is shown as mere illustration and restricted. He understands that it can succeed [be / it / under / this / Description / setting] in the various change in a form and details, without deviating from the intention and range of this invention which are specified to the Claims of upper **, if it is a person skilled in the art. Therefore, the size and range of this invention should be restricted by neither of an above-mentioned illustration embodiment, but should be accepted and specified to the Claims of upper **, and its equivalent.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]

Drawing 1 is a mimetic diagram of the conventional optical projection system.

[Drawing 2 A]

Drawing 2 A is a figure showing the double refraction property of a reticle.

[Drawing 2 B]

Drawing 2 B is a figure showing the characteristic of a BEREKU compensator.

[Drawing 2 C]

Drawing 2 C is a figure showing the characteristic of a soleil BABINE compensator.

[Drawing 3]

Drawing 3 is a mimetic diagram of an embodiment with this invention which used the BEREKU compensator.

[Drawing 4]

Drawing 4 is a mimetic diagram of an embodiment with this invention which used the soleil BABINE compensator.

[Drawing 5]

Drawing 5 is a mimetic diagram of the further embodiment of this invention which used simple refraction material.

[Drawing 6]

Drawing 6 is another embodiment of this invention which used two different refraction materials.

[Drawing 7]

Drawing 7 is another embodiment of this invention using the refraction material in which many differ from two.

[Drawing 8]

Drawing 8 is another embodiment of this invention.

[Drawing 9]

Drawing 9 is another embodiment of this invention.

[Translation done.]

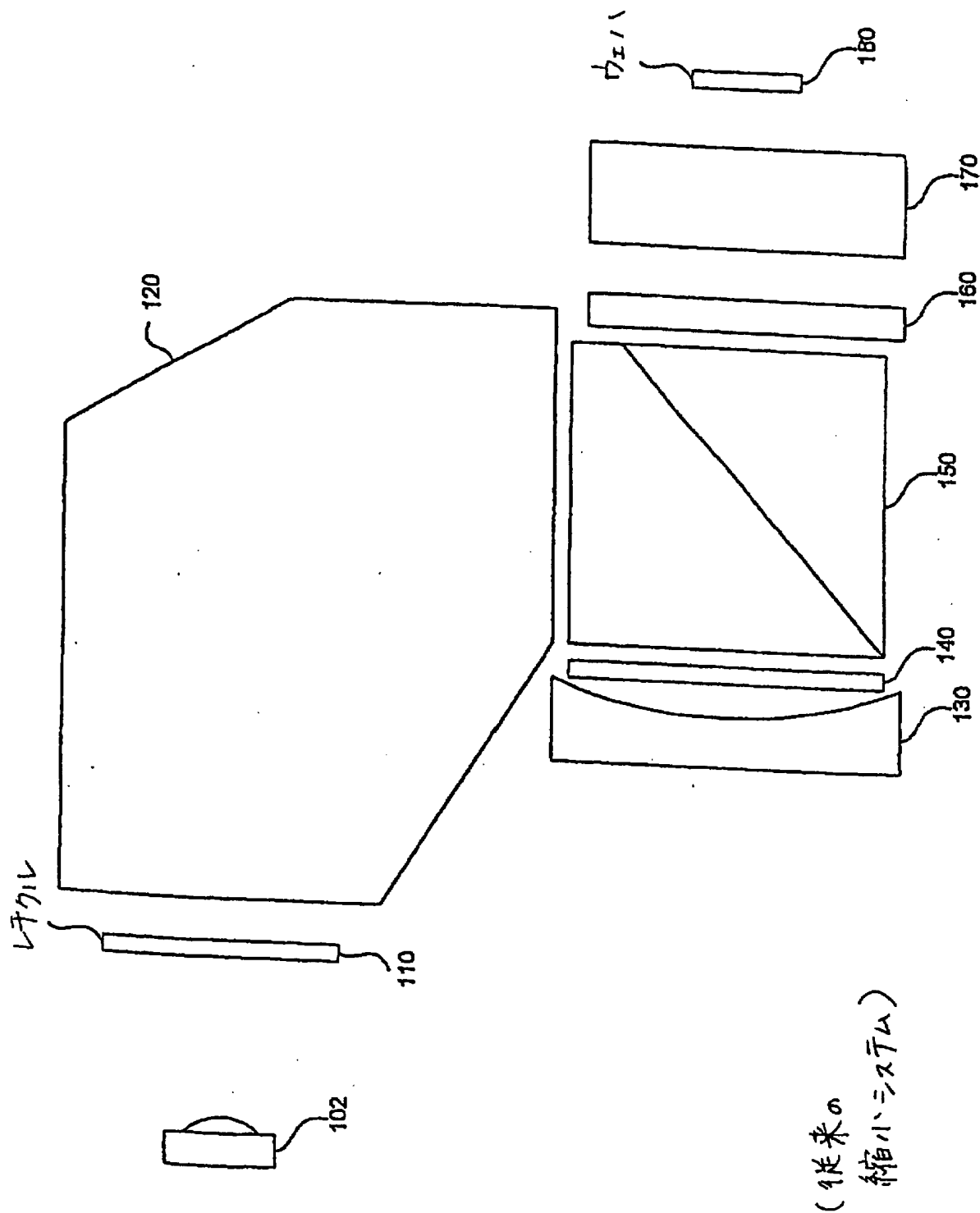
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

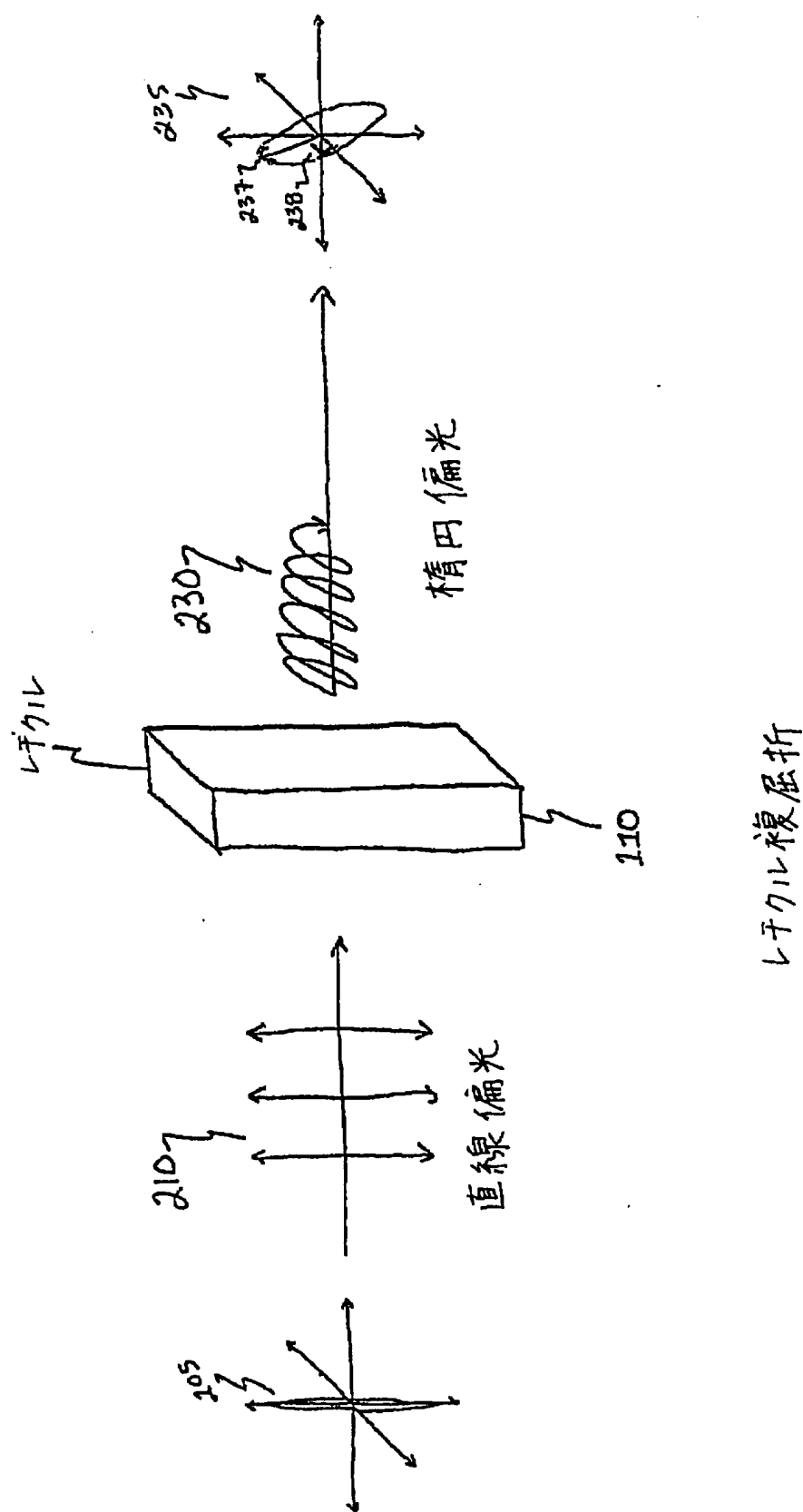
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

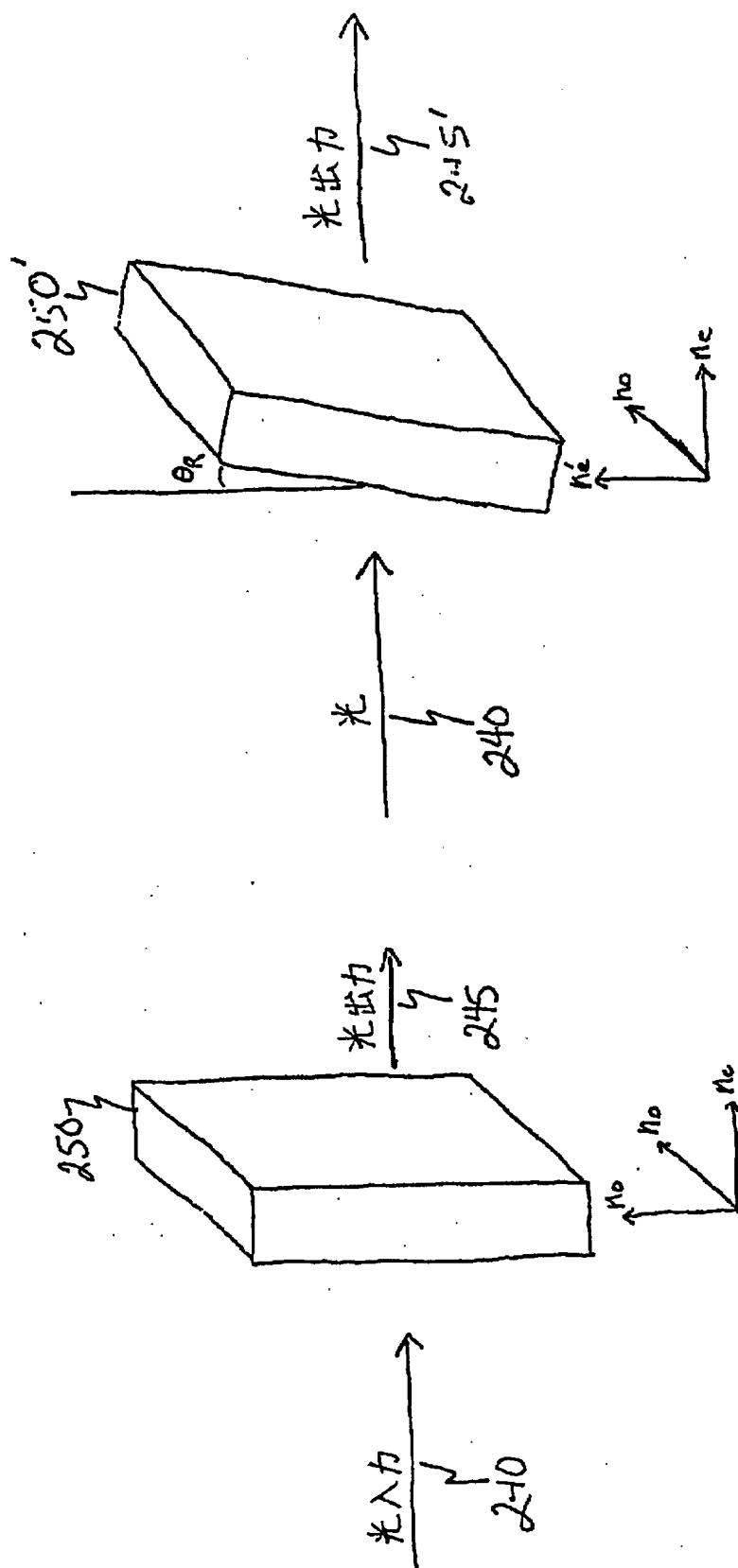
[Drawing 1]



[Drawing 2 A]

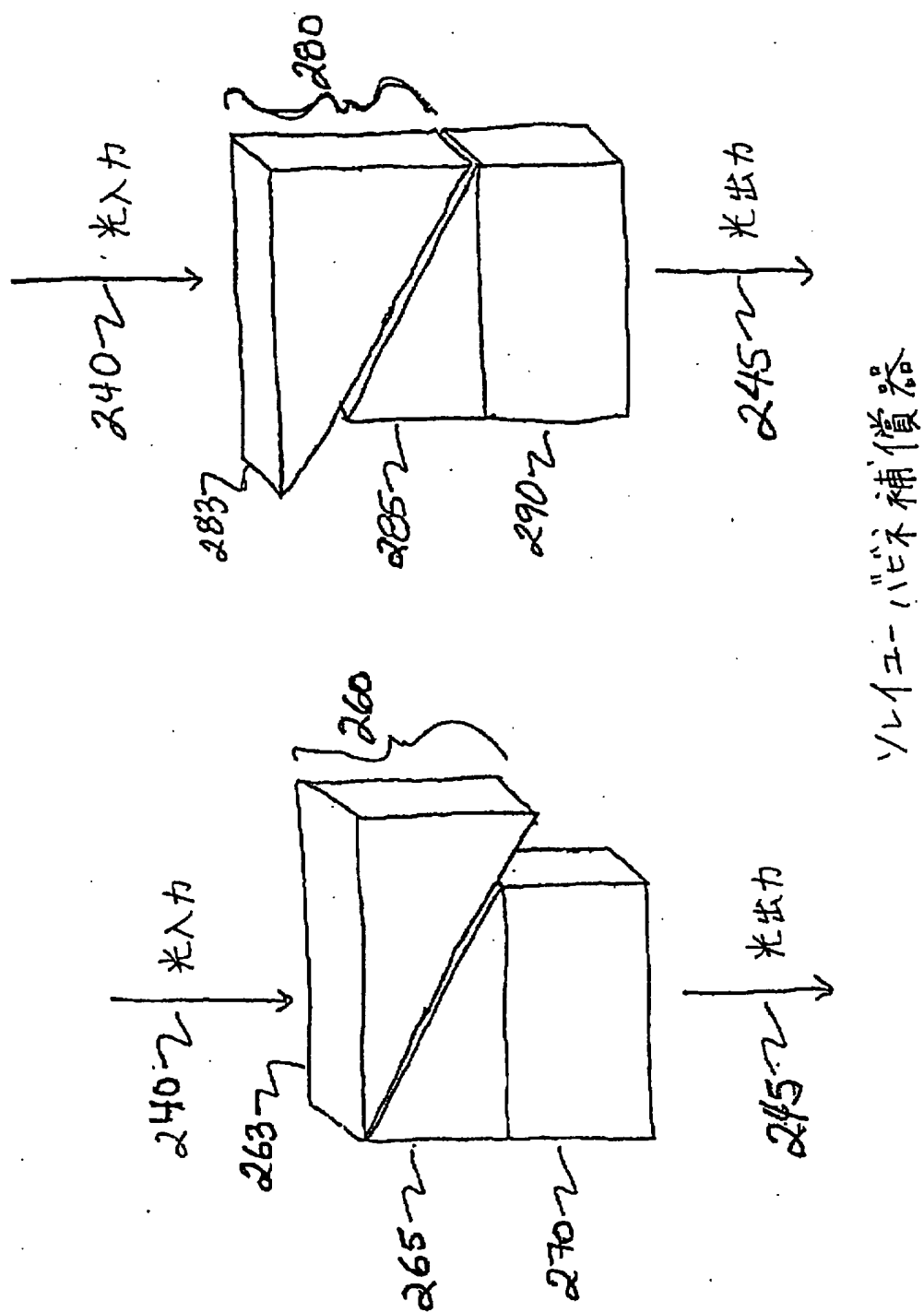


[Drawing 2 B]

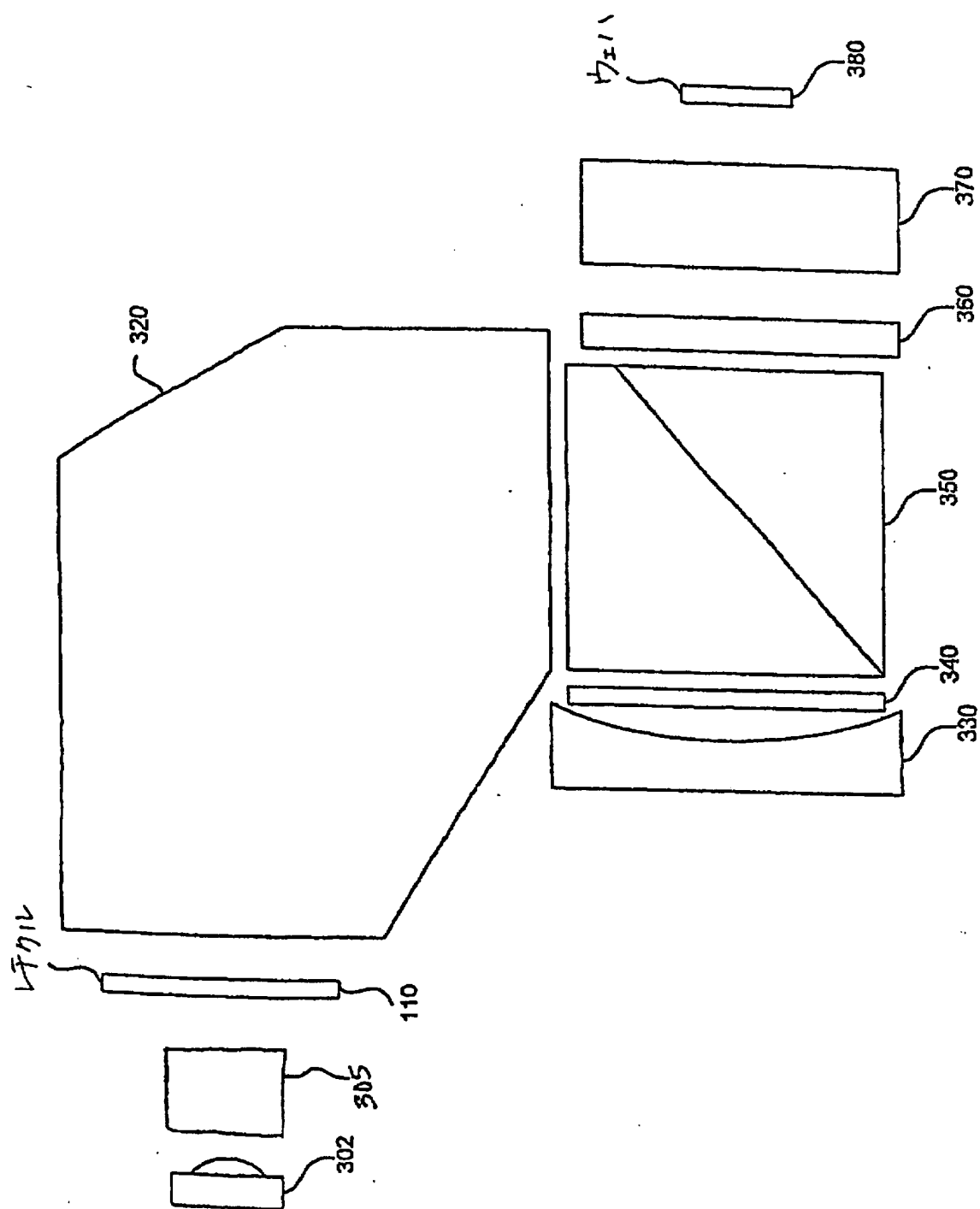


バレーの補償器

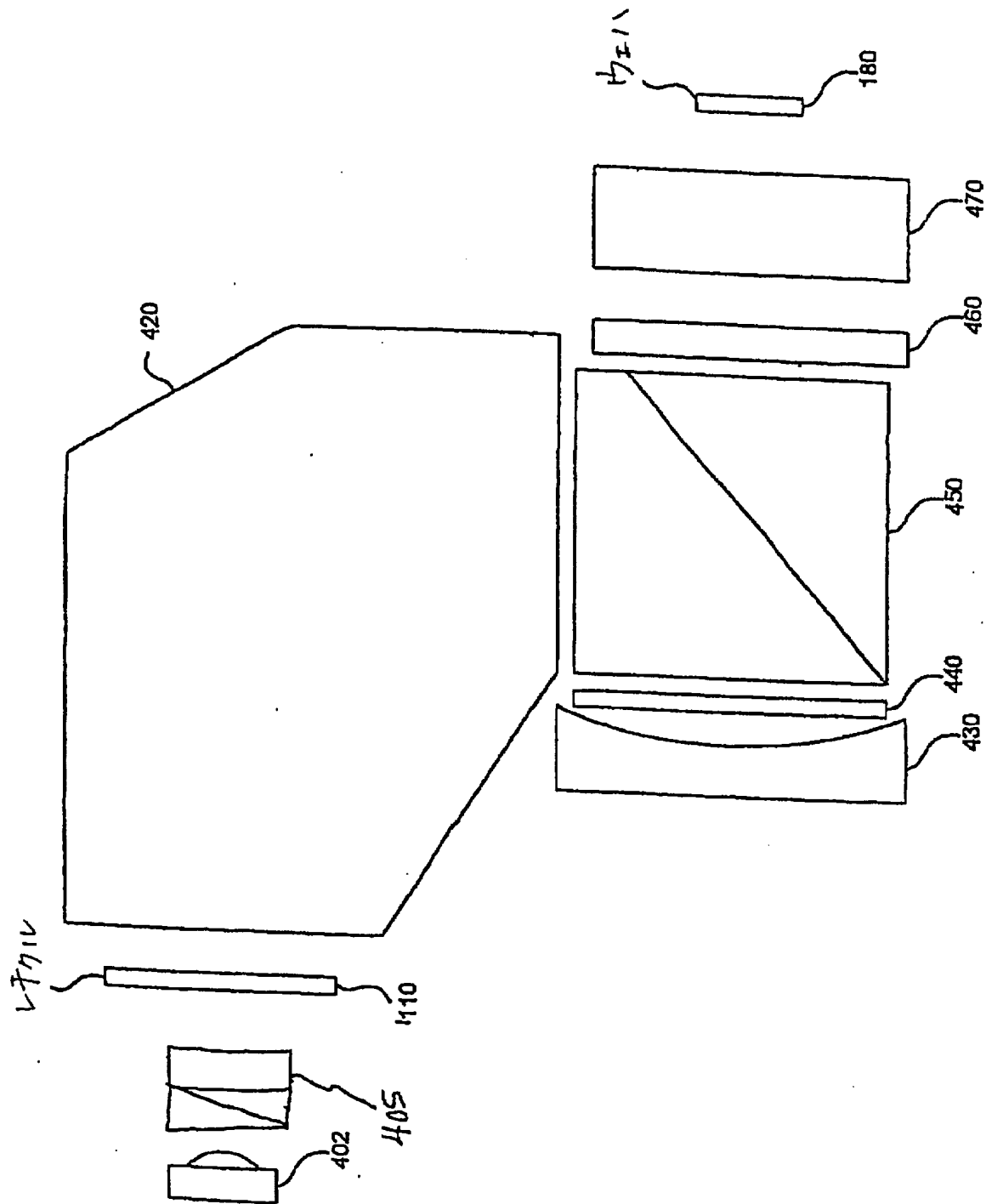
[Drawing 2 C]



[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]

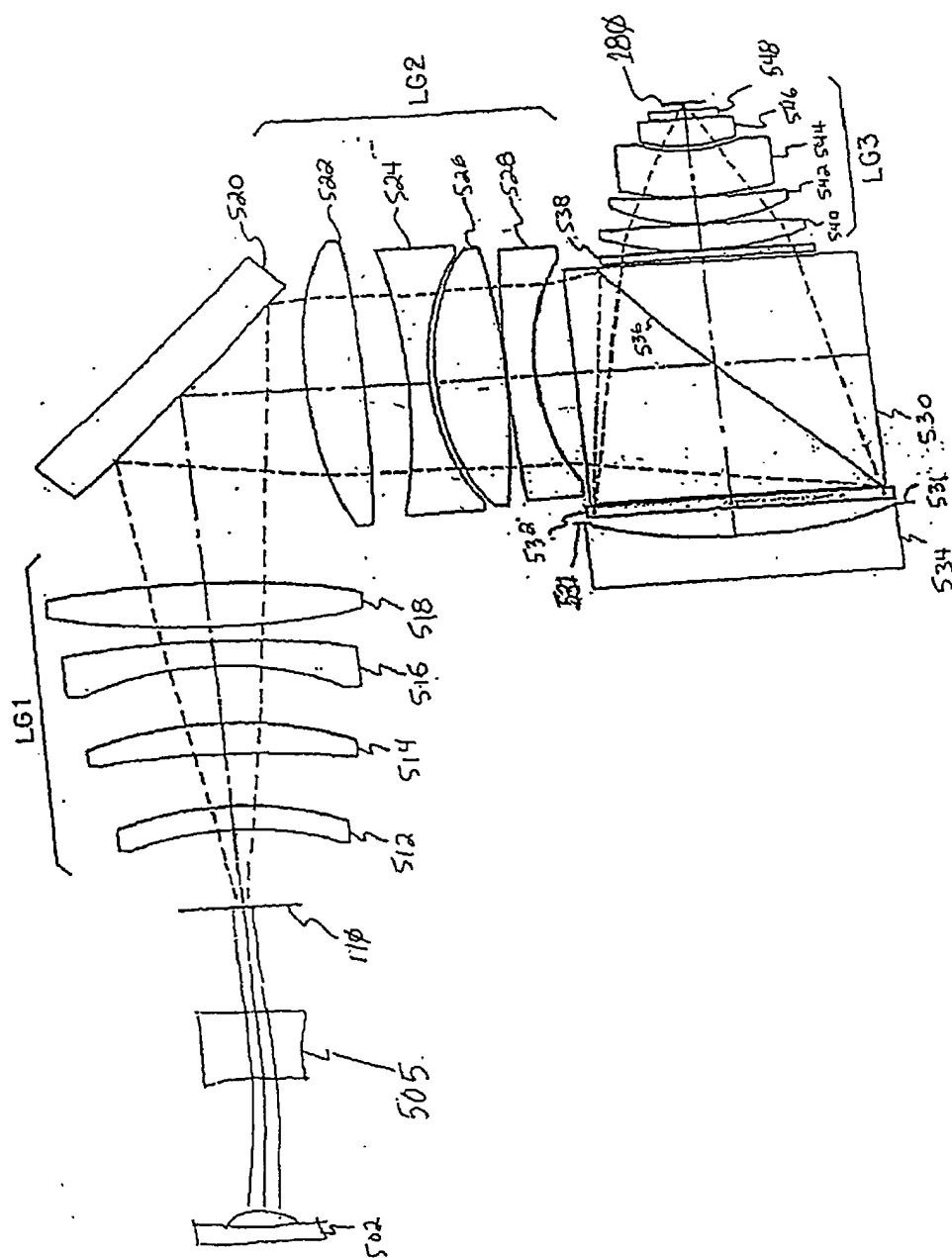


Fig.5

[Drawing 6]

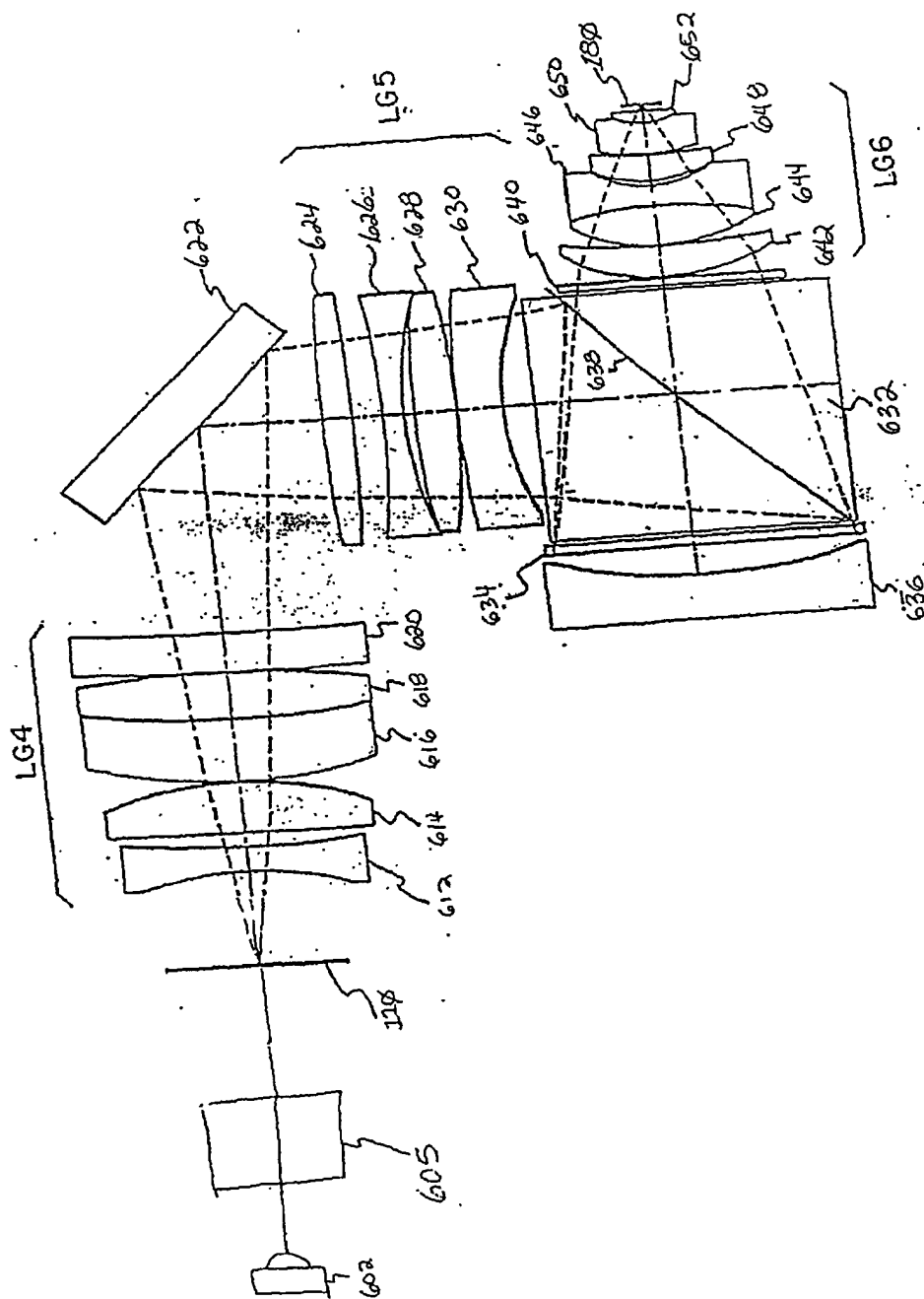


Fig. 6

[Drawing 7]

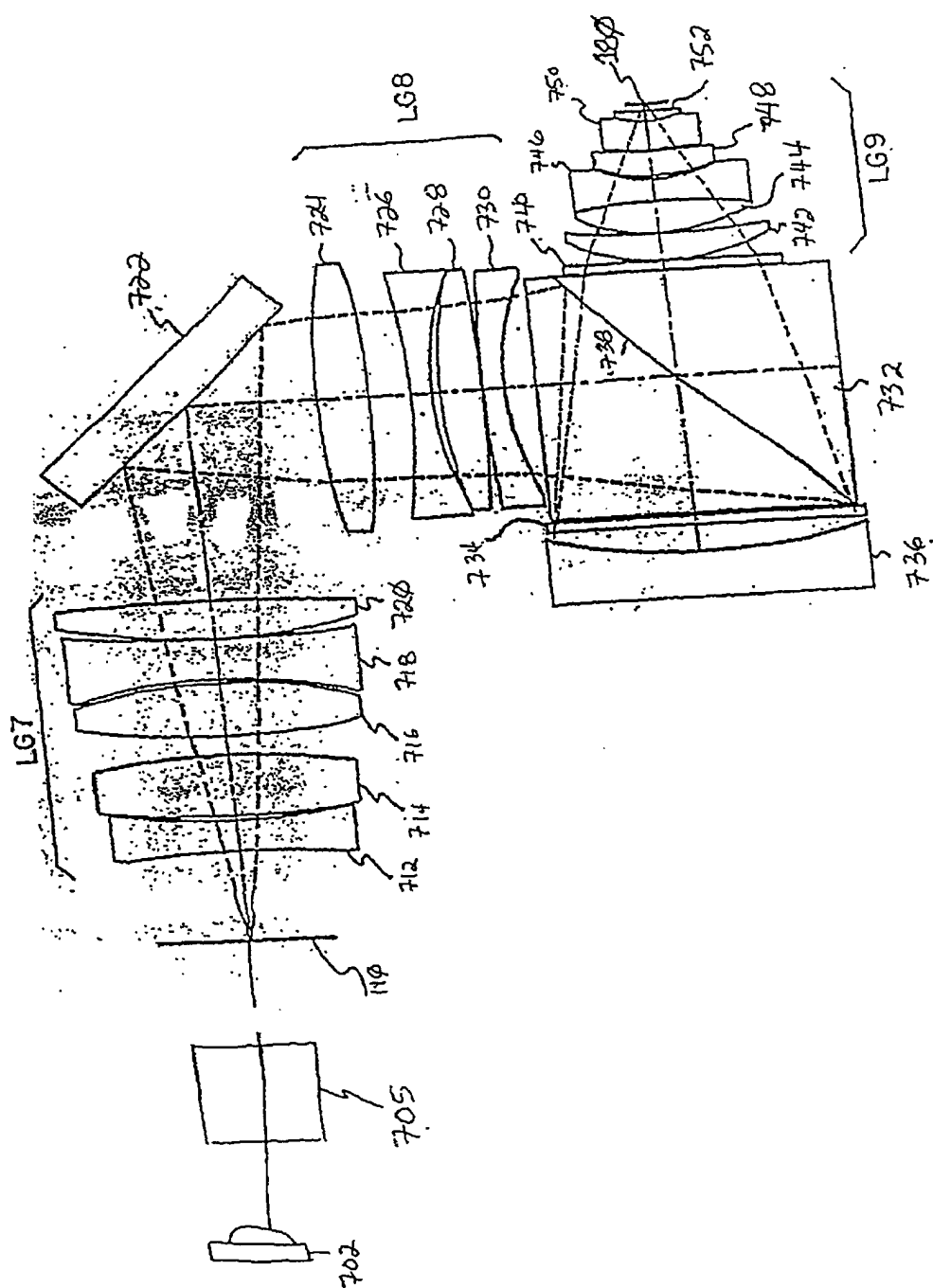
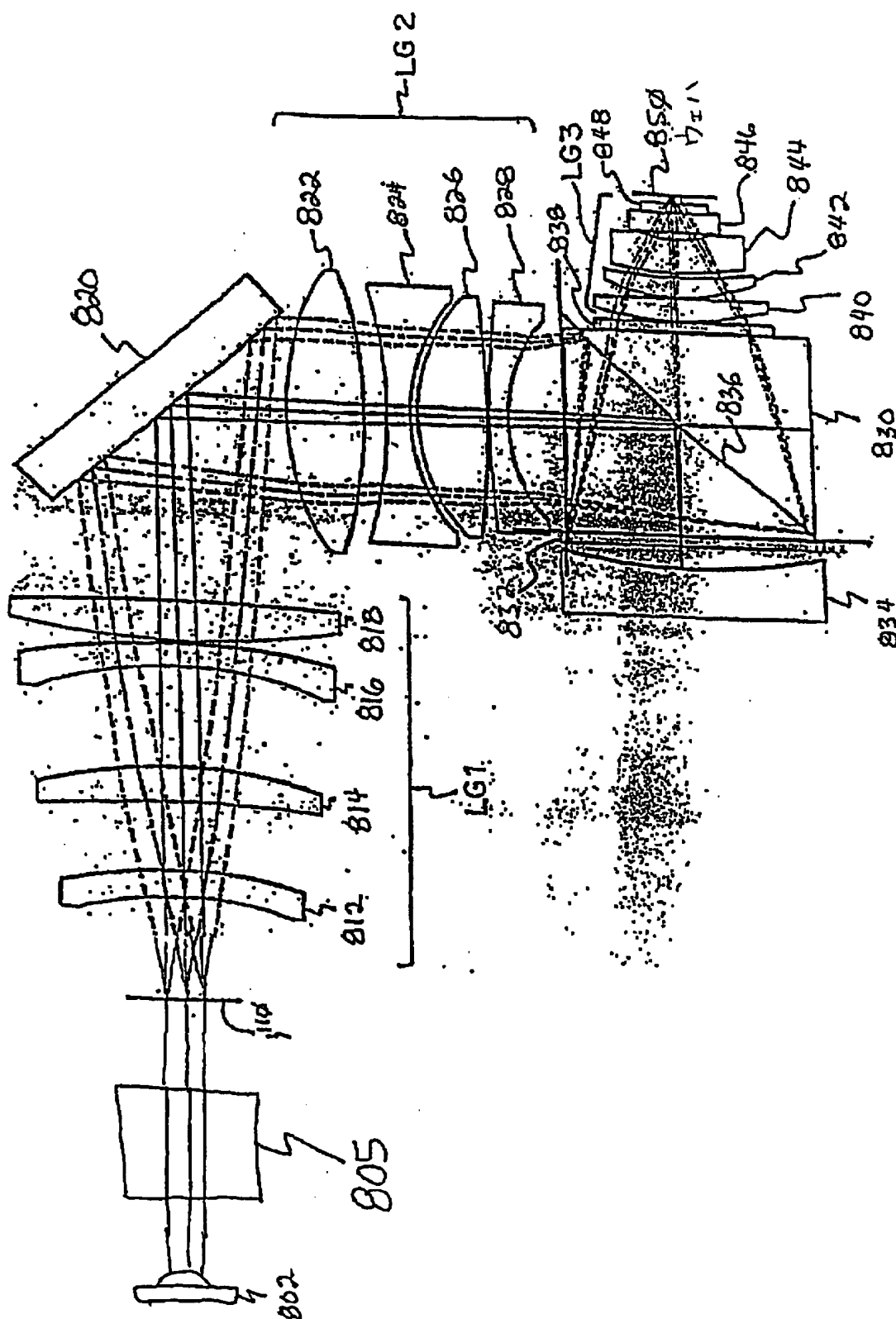
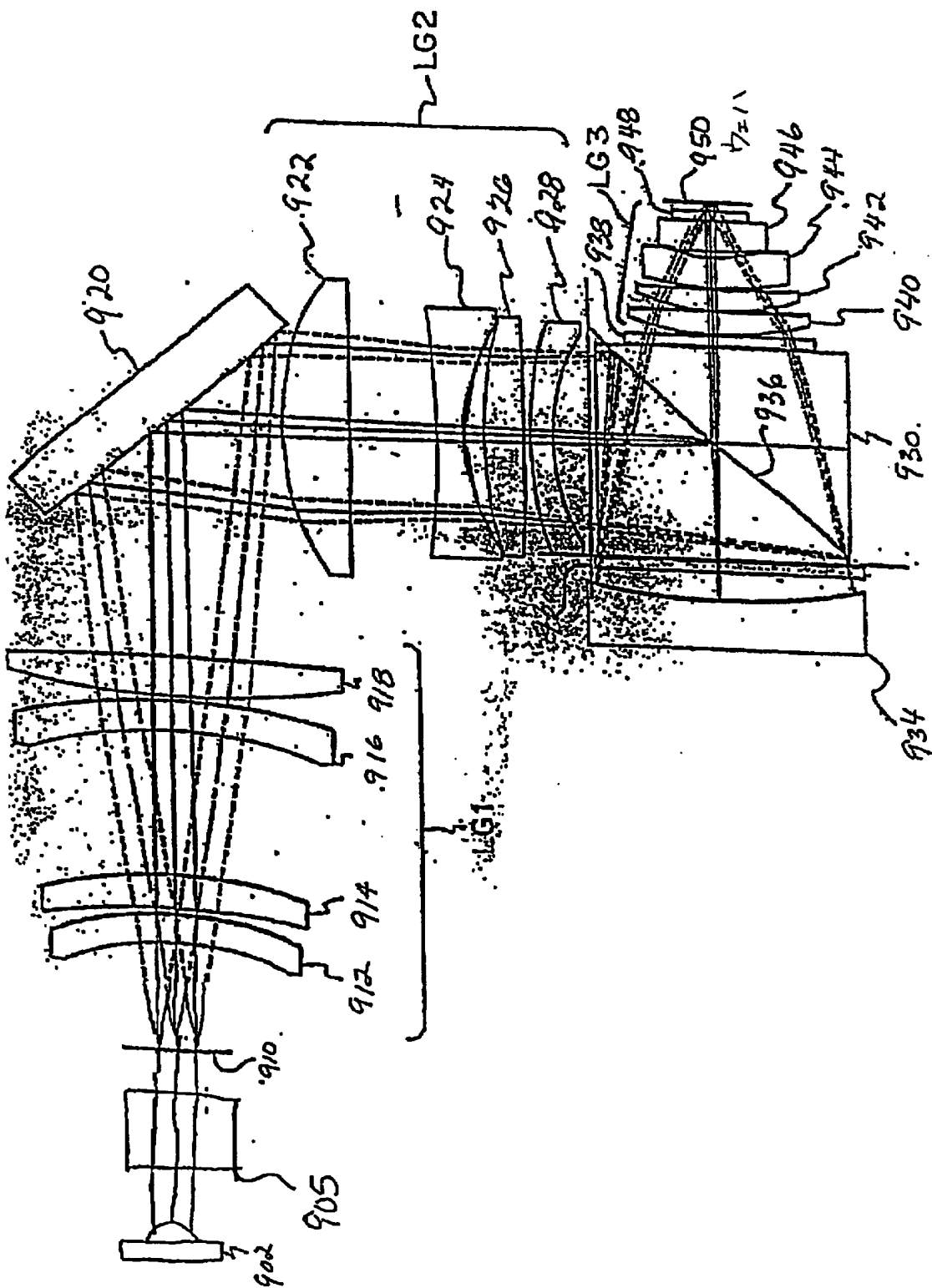


Fig. 7

[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CORRECTION OR AMENDMENT

[Kind of official gazette]Printing of amendment by regulation of Patent Law Article 17 of 2
 [Section Type] The 2nd Type of the part VII gate
 [Publication date]Heisei 18(2006) August 24 (2006.8.24)

[Official announcement number] ** table 2003-532281 (P2003-532281A)
 [Announcement date] Heisei 15(2003) October 28 (2003.10.28)
 [Application number]Application for patent 2001-579010 (P2001-579010)
 [International Patent Classification]

H01L 21/027 (2006. 01)

G02B 5/30 (2006. 01)

G02B 17/08 (2006. 01)

G02B 27/18 (2006. 01)

G02B 27/28 (2006. 01)

G03F 7/22 (2006. 01)
 [FI]

H01L 21/30 515 D

G02B 5/30

G02B 17/08 A

G02B 27/18 Z

G02B 27/28 Z

G03F 7/22 H

[Written Amendment]

[Filing date]Heisei 18(2006) July 6 (2006.7.6)

[Amendment 1]

[Document to be Amended]Description

[Item(s) to be Amended]Claims

[Method of Amendment]Change

[The contents of amendment]

[Claim(s)]

[Claim 1] It is an optical reduction system in a photolithography tool,

This system,

REKUCHIRU arranged between a source of an optical beam, and an objective lens group in accordance with an axis of an optical beam course,

A polarization compensator which is a polarization compensator arranged in accordance with this axis, and adjoins this REKUCHIRU, and is arranged between this source of an optical beam, and this objective lens group

A preparation,

An optical reduction system which this polarization compensator provides a variable wavelength polarization difference which changes this optical beam, and is used so that this optical beam may project a picture of this REKUCHIRU on this objective lens group.

[Claim 2] A lens group in which are a lens group which has the negative output provided with an outgoing radiation numerical aperture, and this outgoing radiation numerical aperture is larger than an object space numerical aperture,

A beam splitter which separates light which enters from this lens group,

A concave surface mirror,

Another lens group which has a positive output

It prepares for a pan,

Change said polarization compensator and polarization of light received by this lens group a negative output of this lens group, providing sufficient output to carry out image formation of the entrance pupil of said system to an aperture stop near this mirror in this mirror in infinite distance -- this -- another positive output of a lens group, The optical reduction system according to claim 1 which provides all substantially [output / of this system], and carries out image formation of the outgoing radiation pupil of this system to infinite distance.

[Claim 3] A variable wavelength board with which it is the variable wavelength board arranged between a source of an optical beam, and the 1st lens group, and this 1st lens group has a positive output and the number of incidence openings in accordance with an axis of an optical beam course, REKUCHIRU which it is REKUCHIRU which adjoins this variable wavelength board and is arranged, this variable wavelength board provides with elliptically polarized light in accordance with this axis, and this reticle provides with linear polarization,

The 2nd lens group it is the 2nd lens group of a negative output, and this 2nd lens group is separated from the 1st lens group, and has a bigger outgoing radiation numerical aperture than the number of incidence openings of this 1st lens group,

A beam splitter,

1/4 wavelength plate,

A concave surface mirror,

The 3rd lens group of a positive output

*****, an optical reduction system.

[Claim 4] The optical reduction system according to claim 3 whose aforementioned variable wavelength board is a compensator of BEREKU.

[Claim 5] The optical reduction system according to claim 3 whose aforementioned variable wavelength board is a soleil BABINE compensator.

[Claim 6] The optical reduction system according to claim 4 further provided with the 1st 1/4 wavelength plate arranged between said beam splitter and said concave surface mirror.

[Claim 7] The optical reduction system according to claim 6 further provided with the 2nd 1/4 wavelength plate arranged between said beam splitter and said 3rd lens group.

[Claim 8] A positive output of said 1st lens group provides sufficient output to carry out image formation of the entrance pupil of said system to an aperture stop near [this] the mirror in said mirror in infinite distance via said 2nd lens group, The optical reduction system according to claim 3 which a negative output of this 2nd lens group provides required conjugate to said concave surface

mirror, and a positive output of said 3rd lens group provides the remainder of an output of the whole system, and carries out image formation of the outgoing radiation pupil of this system to infinite distance.

[Claim 9] A variable wavelength board,

REKUCHIRU,

The 1st optical element

A preparation,

This REKUCHIRU is arranged between a source of an optical beam, and this 1st optical element in accordance with an axis of an optical beam course,

An optical system with which this variable wavelength board is arranged in front of this 1st optical element in accordance with an axis of a next door of this REKUCHIRU.

[Amendment 2]

[Document to be Amended] Description

[Item(s) to be Amended] 0029

[Method of Amendment] Change

[The contents of amendment]

[0029]

III. A conventional optical system and reticle double reflex

Drawing 1 illustrates the conventional optical reduction system. Even at the short conjugate end by which a wafer is arranged from the long conjugate end by which a reticle is arranged, the conventional optical reduction system, It has the 1st optical element groups 120, the beam splitter cube 150, the 1st 1/4 wavelength plate 140, the concave mirror 130, the 2nd 1/4 wavelength plate 160, and the 2nd optical element groups 170. . Each of these elements 120-170 was published by Williamson on July 16, 1996. It is indicated in the U.S. Pat. No. 5,537,260 item of a name "Catadioptric Optical Reduction System with High Numerical Aperture." The size of a numerical aperture and the requirements for spectrum radiation, and the future of arbitrary optical systems interdepend on each other. In order to emanate to a reticle efficiently, it may ask for linear polarization. For example, the light source 102 may be used. In a certain case, it may ask for other exposure polarization conditions, for example, right-handed circularly polarized light, or left-handed circularly-polarized lights. the linear polarization introduced in the top -- or it limits to linear polarization mostly and the following sections are explained.

[Amendment 3]

[Document to be Amended] Description

[Item(s) to be Amended] 0052

[Method of Amendment] Change

[The contents of amendment]

[0052]

In a certain embodiment, even evaluation of a polarization condition is ***** to exposure to dose control. For example, a polarization condition is equalized to a reticle. Drawing 3 illustrates the embodiment of this invention which deletes such asymmetry or print bias. Drawing 3 shows the 1st optical element group 320, the beam splitter 350, the 1st 1/4 wavelength plate 340, the concave surface mirror 340, the 2nd 1/4 wavelength plate 360, the 2nd optical element group 370, and the wafer 380. The light source 302 is shown again. The light source 302 is the same as the light sources 402, 502, 602, 702, 802, and 902 shown in each of the light source 102 shown in drawing 1 or drawing 4 - drawing 9, and is obtained. The BEREKU compensator 305 is introduced in front of an object or the reticle flat surface 110. The BEREKU compensator 305 carries out fine tuning of the light of the reticle plane polarized light, and is made to adjust it to a state [****] almost just at a reticle flat surface. In an embodiment with an optical irradiation system without a loss, a

compensator introduces the amendment to polarization equal to a polarization condition without a compensator. Although amendment is a sign showing an opposite meaning, it separates from a state [****]. When an incident light study element has a double reflex of a small quantity which is not meant in front of powerful arbitrary light polarizers, the exposure compensator can offset the further quantity that compensates this double reflex. Therefore, the dose error produced by the double reflex of a reticle is minimized, and its line width control improves.

[Amendment 4]

[Document to be Amended]Description

[Item(s) to be Amended]0053

[Method of Amendment]Change

[The contents of amendment]

[0053]

(B. Another embodiment)

It is clear to a person skilled in the art that it may be inserted in the system in front of the reticle 110 instead of the soleil BERIE compensator 405 being BEREKU 305. This embodiment that the soleil BERIE compensator 405 achieves the same function as the BEREKU compensator 305, and generally commits in the same characteristic as mentioned above is shown in drawing 4. Drawing 4 shows the 1st optical element group 420, the beam splitter 450, the 1st 1/4 wavelength plate 440, the concave surface mirror 430, the 2nd 1/4 wavelength plate 460, and the 2nd optical element group 470 again.

[Amendment 5]

[Document to be Amended]Description

[Item(s) to be Amended]0066

[Method of Amendment]Change

[The contents of amendment]

[0066]

Wider spectrum band region width may be attained using two optical materials which have different distribution. A 2nd embodiment of this invention is shown in drawing 6. From the long conjugate end of drawing 6. The 1st 1/4 wavelength plate 605, an object. Or the reticle side 110, the 2nd 1/4 wavelength plate 611, lens group LG4, the foldaway mirror 622, lens group LG5, the beam splitter cube 632 that has the surface 638, the 1st 1/4 wavelength plate 634, the concave surface mirror 636, the 2nd 1/4 wavelength plate 640. And lens group LG6 is included. A picture is formed in a picture or the wafer surface 180. Lens group LG4 contains the duplet which vacates the interval containing the negative lens 612 and the positive lens 614, and is arranged, the weak positive lens 616, the positive lens 618, and the shell 620. Lens group LG5 contains the positive lens 624, the negative lens 626, the positive lens 628, and the negative lens 630. Lens group LG6 contains the compound duplet containing the compound duplet containing the two positive lenses 642, the positive lens 644, and the negative lens 646, the positive lens 648, and the shell 650 and the positive lens 652.

[Amendment 6]

[Document to be Amended]Description

[Item(s) to be Amended]0072

[Method of Amendment]Change

[The contents of amendment]

[0072]

Drawing 8 shows a 4th embodiment of the optical reduction system of this invention. This embodiment has a numerical aperture of 0.63 and the center can operate by the spectrum band region width of 300 picometer (preferably 100 picometer) in 248.4 nanometers. From the long

conjugate end of drawing 8, an optical reduction system, An object. Or the field 836 of the reticle side 110, 1st lens group LG1, the foldaway mirror 820, 2nd lens group LG2, the beam splitter cube 830, the 1st 1/4 wavelength plate 832, the concave surface mirror 834, and the beam splitter cube 830, the 2nd 1/4 wavelength plate 838. And lens group LGof ** 3rd3 is included. A picture is formed in a picture or the wafer surface 180.

[Amendment 7]

[Document to be Amended]Description

[Item(s) to be Amended]0077

[Method of Amendment]Change

[The contents of amendment]

[0077]

Drawing 9 shows a 5th embodiment of the optical reduction system of this invention. Preferably, this embodiment has the numerical aperture 0.60 and the center operates by the spectrum band region width of 300 picometer in 248.4 nanometers. This optical reduction system from the long conjugate end of drawing 9. The variable wavelength board 905 in a lighting system, an object. Or the field 936 of the reticle side 110, 1st lens group LG1, the foldaway mirror 920, 2nd lens group LG2, the beam splitter cube 930, the 1st 1/4 wavelength plate 932, the concave surface mirror 934, and the beam splitter cube 930, the 2nd 1/4 wavelength plate 938. And lens group LGof ** 3rd3 is included. A picture is formed in a picture or the wafer surface 180.

[Amendment 8]

[Document to be Amended]DRAWINGS

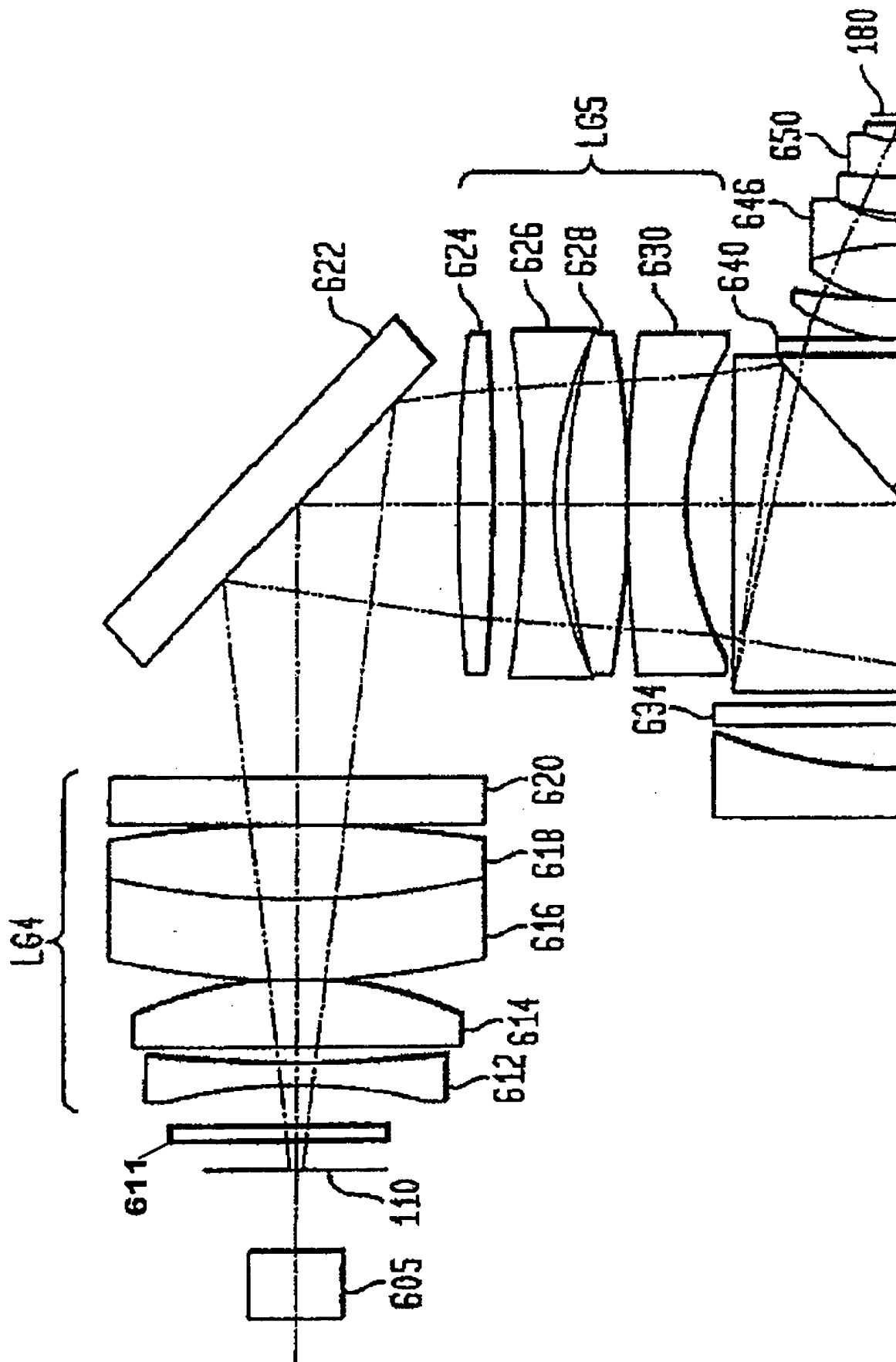
[Item(s) to be Amended]Drawing 6

[Method of Amendment]Change

[The contents of amendment]

[Drawing 6]

FIG. 6



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号
特表2003-532281
(P2003-532281A)

(43) 公表日 平成15年10月28日 (2003. 10. 28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	特許出願 (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 2 B 5/30	2 H 0 4 9
G 0 2 B 5/30		17/08	A 2 H 0 8 7
17/08		27/18	Z 5 F 0 4 6
27/18		27/28	Z
27/28		G 0 3 F 7/22	H

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 72 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-579010(P2001-579010)
(86) (22) 出願日 平成13年4月25日 (2001. 4. 25)
(85) 翻訳文提出日 平成13年12月25日 (2001. 12. 25)
(86) 国際出願番号 P C T / U S 0 1 / 1 3 1 4 2
(87) 国際公開番号 W O 0 1 / 0 8 1 9 7 7
(87) 国際公開日 平成13年11月1日 (2001. 11. 1)
(31) 優先権主張番号 6 0 / 1 9 9 , 3 8 1
(32) 優先日 平成12年4月25日 (2000. 4. 25)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

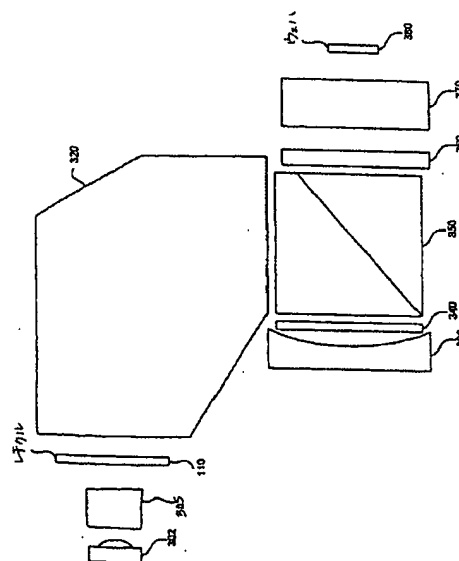
(71) 出願人 エーエスエムエル ユーエス, インコーポ
レイテッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95110,
サン ノゼ, メトロ ドライブ 101,
スイート 400
(72) 発明者 クレウザー, ジャスティン エル.
アメリカ合衆国 コネチカット 06611-
2143, トランブル, ブランディー レ
ーン 7
(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明偏光の制御を備えた光学縮小システム

(57) 【要約】

偏光を備えた光学縮小システムは、長共役端部の前で、
レチクルリタデーションの可変補償を有する半導体デバ
イスのフォトリソグラフィ製造において用いるためにセ
ンシティブな出力を行う。レチクルの前にある可変補償
構成要素 (複数) は、レチクルにおいてまたはレチクル
近傍において偏光状態の正確な調節を提供する。可変補
償構成要素は、可変波長板、層状波長板、対向ミラー、
ベレークの補償器および/またはソレイユーバビネ補償
器であり得る。カタディオプトリックシステムは、26
mm×5mmの視野にわたって0.25ミクロンよりも
小さな特徴部をパターンニングすることが可能な、0.7
の比較的高い開口数を提供する。光学縮小システムは、
それにより、半導体製造において使用されるステップお
よびスキャンマイクロフォトリソグラフィー露光ツール
に良好に適合される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトリソグラフィツールにおける物体空間開口数を有する光学縮小システムであって、

可変波長偏光差を提供する偏光補償器と、

投影された画像を移す物体であって、該偏光補償器が提供する該偏光差は、該物体から投影された光を変化させる、物体と

を備える、光学縮小システム。

【請求項2】 前記物体空間開口数よりも大きな入射開口数を備えた負の出力を有する第1のレンズと、

該第1のレンズから入射する光を分離するビームスプリッターと、

凹面ミラーと、

正の出力を有する第2のレンズと

をさらに備え、前記偏光補償器は、該第1のレンズによって受け取られた光を偏光させ、該第1のレンズの該負の出力は、無限遠において前記システムの入射瞳を該ミラーにおけるまたは該ミラーの近傍のアパーチャストップへ結像するのに十分な出力を提供し、該第2のレンズの該正の出力は、該システムの出力の実質的に全てを提供し、かつ該システムの出射瞳を無限遠へと結像する、請求項1に記載の光学縮小システム。

【請求項3】 長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、

可変波長板と、

レチクルであって、該可変波長板は楕円偏光を提供し、該レチクルは直線偏光を提供する、レチクルと、

入射開口数を有する正の出力の第1のレンズ群と、

負の出力の第2のレンズ群であって、該第2のレンズ群は、第1のレンズ群から隔てられ、該第1のレンズ群の該入射開口数よりも大きな出射開口数を有する、第2のレンズ群と、

ビームスプリッターと、

1/4波長板と、

凹面ミラーと、

正の出力の第3のレンズ群と

を備え、該第1のレンズ群の該正の出力は、無限遠において該システムの入射瞳を該第2のレンズ群を通して該ミラーにおけるまたは該ミラーの近傍におけるアパーチャストップへ結像するの十分な出力を提供し、該第2のレンズ群の該負の出力は、該凹面ミラーに必要な共役を提供し、該第3のレンズ群の該正の出力は、システム全体の出力の残りを提供し、該システムの出射瞳を無限遠に結像する、光学縮小システム。

【請求項4】 前記波長板はベレークの補償器である、請求項3に記載の光学縮小システム。

【請求項5】 前記波長板はソレイユーバビネ補償器である、請求項3に記載の光学縮小システム。

【請求項6】 前記ビームスプリッターと前記凹面ミラーとの間に配置される第1の1/4波長板をさらに備える、請求項4に記載の光学縮小システム。

【請求項7】 前記ビームスプリッターと前記第3のレンズ群との間に配置される第2の1/4波長板をさらに備える、請求項6に記載の光学縮小システム。

。 【請求項8】 長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、
可変波長板と、
レチクルと、

正の出力の第1のレンズ群と、

負の出力の第2のレンズ群と、

ビームスプリッターと、

第1の1/4波長板と、

凹面ミラーと、

正の出力の第3のレンズ群と

を備え、該第1のレンズ群は、

少なくとも1つの正の出力のレンズと、

実質的に0の出力の第1のレンズと、

第1のデュプレットと

を含み、該実質的に0の出力の第1のレンズおよび該第1のデュプレットは、非点収差のような収差、視野曲率、歪みを補正するのを助け、

該第2のレンズ群は、

少なくとも1つの負の出力のレンズと、

正のレンズと、

第2のデュプレットと

を含み、該少なくとも1つの負の出力のレンズは、該ビームスプリッターおよび該ミラーに発散ビームを提供し、該正のレンズは、横方向の色補正を提供し、該第2のデュプレットは、球面収差およびコマ収差を補正するのを助け、

該第1のレンズ群の該正の出力は、無限遠において該システムの入射瞳を、該第2のレンズ群を介して該ミラーにおけるまたは該ミラー近傍のアパーチャストップへと結像するのに十分な出力を提供し、該第2のレンズ群の該負の出力は、該凹面ミラーに必要な共役を提供し、該第3のレンズ群の該正の出力は、システム全体の出力の残りを提供し、該システムの出射瞳を無限遠に結像する、光学縮小システム。

【請求項9】 前記ビームスプリッターと前記第3のレンズ群との間に配置される第2の1/4波長板をさらに備える、請求項8に記載の光学縮小システム。

【請求項10】 以下のデータによる構成を有する、請求項9に記載の光学縮小システム。

【表1】

表1

エレメント 名前	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	ピッチ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
可変 波長板	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
レチクル	無限遠		63.3853			
第1の レンズ群内 のレンズ	-158.7745	-177.8880	15.0000	124.0478	131.7725	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	-356.6911	-202.0072	22.2126	148.3881	152.5669	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	-183.7199	-558.8803	15.0000	156.5546	166.5750	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	427.2527	-612.2450	28.8010	177.4010	179.0292	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-240.4810	2050.9592	-33.3135	188.4055	185.3395	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	421.7829	-145.6176	-12.0000	175.5823	169.0234	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-150.4739	472.0653	-46.5091	171.4244	169.9587	シリカ

(表1のつぎ)

第2の レンズ群内 のレンズ	-1472.2790	-138.2223	-15.0000	165.3586	154.8084	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	-91.8186	155.6662	253.0917	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠			253.0917		反射
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	91.8186	253.0917	253.0917	シリカ
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	6.0000	185.8693	186.8401	シリカ
凹面 ミラー	非球面		-17.9918	188.0655		反射
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-6.0000	183.5471	180.1419	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	-91.8186	178.3346	149.2832	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	-70.000	149.2832	128.8604	シリカ
第2の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-4.500	127.9681	126.6352	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-175.1330	1737.4442	-17.7754	121.4715	118.2689	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-108.8178	-580.1370	-18.2407	104.5228	97.7967	シリカ

(表1のつぎ)

第3の レンズ群内 のレンズ	-202.2637	-86.6025	-31.1216	91.7061	57.4968	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-122.1235	-488.7122	-17.9476	56.4818	41.1675	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ 548	-160.8506	-360.1907	-6.1500	39.4528	33.5764	シリカ
ウェハ	無限遠			26.5019		

【請求項11】 比較的高い開口数を有する、長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、

可変波長板と、

物体面と、

第1のデュプレットと、

第1の正のレンズと、

第2の正のレンズと、

シェルと、

折りたたみ式ミラーと、

第3の正のレンズと、

第1の負のレンズと、

第4の正のレンズと、

第2の負のレンズと、

ビームスプリッター立方と、

第1の1/4波長板と、

凹面ミラーと、

第2の1/4波長板と、

第5の正のレンズと、

第2のデュプレットと、
第6の正のレンズと、
第3のデュプレットと

を備え、該システムに入射する放射が、該可変波長板、該物体面、該第1のデュプレット、該第1の正のレンズ、該第2の正のレンズ、該シェル、該折りたたみ式ミラー、該第3の正のレンズ、該第1の負のレンズ、該第2の負のレンズ、該ビームスプリッター立方、該第1の1/4波長板を通して、該凹面ミラーで反射されて、再度該第1の1/4波長板と該ビームスプリッター立方を通り、該第2の1/4波長板、該第5の正のレンズ、該第2のデュプレット、第6の正のレンズおよび第3のデュプレットを通るように配列される、光学縮小システム。

【請求項12】 前記可変波長板はベレークの補償器である、請求項11に記載の光学縮小システム。

【請求項13】 前記可変波長板はソレイユーバビネ補償器である、請求項11に記載の光学縮小システム。

【請求項14】 以下のデータによる構成を有する、請求項13に記載の光学縮小システム。

【表2】

表 2

エレメント 名前	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	アパチャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
可変 波長板	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
レンチクル	無限遠		60.4852			
第1の テコプレット のレンズ	-205.5158	539.1791	15.2158	124.0926	137.3346	シリカ
第1の テコプレット のレンズ	2080.9700	-210.6539	32.4984	142.6149	151.7878	シリカ
第1の 正の レンズ	310.4463	700.3748	40.7304	162.4908	165.2126	CaF ₂
第2の 正の レンズ	634.1820	-798.8523	27.5892	165.4595	166.4747	シリカ
シェール	1480.0597	1312.1247	25.4322	168.7516	164.7651	シリカ
第3の 正の レンズ	-761.9176	1088.9351	-19.2150	160.3165	159.2384	シリカ
第1の 負の レンズ	648.8361	-202.5872	-12.0000	155.1711	153.0635	CaF ₂
第4の 正の レンズ	-400.4276	458.5060	-25.8769	153.0635	153.8055	シリカ
第2の 負の レンズ	-818.0922	-168.5034	-27.5927	152.6663	147.5200	CaF ₂

(表2のつぎ)

ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-91.7553	148.6158	252.7349	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠			252.7349		反射
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	91.7553	252.7349	252.7349	シリカ
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	6.0000	185.8070	187.0026	シリカ
凹面 ミラー	非球面		-18.1636	188.5681		反射
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-6.0000	184.2566	181.1084	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-91.7553	179.3838	151.7747	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-70.0000	151.7747	133.3985	シリカ
第2の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-4.5000	132.5690	131.3876	シリカ
第5の 正の レンズ	-112.0665	-597.6805	-21.4866	123.4895	119.2442	シリカ
第2の デフレクト のレンズ	-116.3137	282.3140	-24.0940	107.8451	101.2412	CaF ₂
第2の デフレクト のレンズ	282.3140	-66.5293	-13.7306	101.2412	72.6862	シリカ

(表2のつぎを)

第6の 正の レンズ	-77.2627	-374.4800	-17.9594	72.0749	62.7659	シリカ
第3の デュプレット のレンズ	-130.1381	-57.1295	-20.8147	58.9696	37.4889	シリカ
第3の デュプレット のレンズ	-57.1295	-7305.8777	-6.1425	37.4889	34.3156	CaF ₂
ウェハ	無限遠			26.4992		

【請求項15】 比較的高い開口数を有する、長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、

可変波長板と、

物体面と、

第1のデュプレットと、

第2のデュプレットと、

第1の正のレンズと、

折りたたみ式ミラーと、

第2の正のレンズと、

第1の負のレンズと、

第3の正のレンズと、

第2の負のレンズと、

ビームスプリッター立方と、

第1の1/4波長板と、

凹面ミラーと、

第2の1/4波長板と、

第4の正のレンズと、

第3のデュプレットと、

第5の正のレンズと、

シェルと、

第6の正のレンズと

を備え、該システムに入射する放射が、該可変波長板、該物体面、該第1のデュプレット、該第2のデュプレット、該第1の正のレンズ、該折りたたみ式ミラー、該第2の正のレンズ、該第1の負のレンズ、該第3の正のレンズ、該第2の負のレンズ、該ビームスプリッター立方、該第1の1/4波長板を通して、該凹面ミラーで反射されて、再度該第1の1/4波長板と該ビームスプリッター立方を通り、該第2の1/4波長板、該第4の正のレンズ、該第3のデュプレット、第5の正のレンズ、該シェルおよび第6の正のレンズを通るように配列される、光学縮小システム。

【請求項16】 前記可変波長板はベレークの補償器である、請求項15に記載の光学縮小システム。

【請求項17】 前記可変波長板はソレイユーバビネ補償器である、請求項15に記載の光学縮小システム。

【請求項18】 以下のデータによる構成を有する、請求項17に記載の光学縮小システム。

【表3】

表3

エレメント 名前	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	パロチャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
可変 波長板	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
レナクル	無限遠		59.2960			
第1の デフレット のレンズ	-620.7809	361.8305	20.2974	125.9406	134.7227	PBM2Y
第1の デフレット のレンズ	515.7935	-455.1015	39.8858	135.3384	145.6015	PBM2Y
第2の デフレット のレンズ	431.3189	-239.4002	36.9329	155.6269	157.3014	BSL7Y
第2の デフレット のレンズ	-259.6013	685.3286	26.3534	156.9363	162.2451	PBM2Y
第1の 正の レンズ	361.5709	-1853.2955	23.3934	168.7516	165.1801	BAL15Y
第2の 正の レンズ	-429.2950	455.4247	-32.3086	173.0235	171.1102	PBL6Y
第1の 負の レンズ	401.0363	-180.0031	-12.0000	159.3555	154.7155	BSL7Y
第3の 正の レンズ	-258.4722	1301.3764	-26.1321	154.7155	154.1517	PBM8Y
第2の 負の レンズ	-1282.8931	-180.2226	-12.0000	153.1461	149.4794	BSL7Y

(表3のつぎ)

ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-91.7349	150.4585	252.6772	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠			252.6772		反射
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	91.7349	252.6772	252.6772	シリカ
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	6.0000	185.6435	186.7758	シリカ
凹面 ミラー	非球面		-18.2715	188.1745		反射
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-6.0000	183.6393	180.1377	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-91.7349	178.3236	147.9888	シリカ
ビーム スプリッター キューブ	無限遠	無限遠	-70.0000	147.9888	126.9282	シリカ
第2の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-4.5000	126.0289	124.6750	シリカ
第4の 正の レンズ	-119.8912	-610.6840	-18.6508	117.5305	113.4233	BSM31Y
第3の デフレット のレンズ	-114.1327	384.9135	-21.1139	102.6172	96.4137	BSL7Y
第3の デフレット のレンズ	384.9135	-70.2077	-13.0576	96.4137	71.1691	PBL26Y

(表3のつぎ)

第5の 正の レンズ	-83.7858	-400.3240	-16.9147	70.5182	61.2633	BSM51Y
シエル	-151.5235	-54.0114	-19.5810	57.6234	37.3909	BSM51Y
第6の 正の レンズ	-54.0114	-2011.1057	-6.3947	37.3909	34.2119	PEL6Y
ウェハ	無限遠			26.5002		

【請求項19】 比較的高い開口数を有する、長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、

物体面と、

正の出力の第1のレンズ群と、

負の出力の第2のレンズ群と、

ビームスプリッターと、

凹面ミラーと、

正の出力の第3のレンズ群と、

該物体面の前に配置される可変波長板と、

該ビームスプリッターと該凹面ミラーとの間に配置される第1の1/4波長板と、

該ビームスプリッターと該第3のレンズ群との間に配置される第2の1/4波長板と

を備え、該波長可変板の特性は、該システムに入射する直線偏光した放射を楕円偏光させ、該物体面の特性は、該物体面を離れる楕円偏光した放射を直線偏光させる、光学縮小システム。

【請求項20】 前記可変波長板はベレークの補償器である、請求項19に記載の光学縮小システム。

【請求項21】 前記可変波長板はソレイユーバビネ補償器である、請求項19に記載の光学縮小システム。

【請求項22】 比較的高い開口数を有する、長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、

可変波長板と、

物体面と、

正の出力の第1のレンズ群と、

負の出力の第2のレンズ群であって、該第1のレンズ群および該第2のレンズ群は正味の出力を有する、第2のレンズ群と、

ビームスプリッターであって、該第1のレンズ群および該第2のレンズ群の正味の出力により、該第1のレンズ群および該第2のレンズ群から該ビームスプリッターに非平行ビームで入ってくる、ビームスプリッターと、

第1の1/4波長板と、

凹面ミラーであって、該第1のレンズ群および該第2のレンズ群の正味の出力が、無限遠において該システムの入射瞳を該凹面ミラーにおけるまたは該凹面ミラー近傍のアパーチャストップへと結像するのに十分な出力のみを提供する、凹面ミラーと、

第2の1/4波長板と、

正の出力の第3のレンズ群と

を備え、該システムに入射する放射が、該第1のレンズ群、該第2のレンズ群、該ビームスプリッターを通して、該凹面ミラーで反射されて再度該ビームスプリッターを通り、該第3のレンズ群を通るように配列される、光学縮小システム

。

【請求項23】 前記波長可変板は、該波長可変板の特性は、直線偏光を楕円偏光させ、前記物体面の特性は、該物体面を離れる楕円偏光を直線偏光させるように入射光の方向に合わせられる、請求項22に記載の光学縮小システム。

【請求項24】 以下のデータによる構成を有する、請求項23に記載の光学縮小システム。

【表4】

表 4

エレメント	曲率半径 (mm)		厚さ	アパチャ直径 (mm)		
名前	前	後	(mm)	前	後	ガラス
可変 波長板	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
レチクル	無限遠		63.3853			
第1の レンズ群内 のレンズ	-183.5661	-215.7867CX	17.0000	122.843 6	130.657 9	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	-601.1535CC	-230.9702CX	21.4839	149.147 6	153.310 3	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	-195.1255	-345.4510CX	15.0000	161.678 9	170.102 5	シリカ
第1の レンズ群内 のレンズ	435.8058CX	-1045.1785CX	24.9351	177.425 0	178.267 2	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-210.7910CX	380.1625CX	- 43.1418	181.667 2	178.017 0	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	300.1724CC	-123.4555CC	- 12.0000	166.727 8	152.310 1	シリカ

(表4のつぎ)

第2の レンズ群 内のレンズ	-126.8915CX	972.6391CX	- 41.3263	154.853 0	151.832 7	シリカ
第2の レンズ群 内のレンズ	-626.4903CX	-116.6436CX	- 12.0000	147.671 1	136.116 3	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	- 74.0000	137.244 8	200.112 7	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠			200.1128		反射
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	74.0000	200.112 7	200.112 7	シリカ
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	6.0000	148.618 8	149.070 7	シリカ
凹面 ミラー	非球面		- 14.4638	149.6392		反射
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-6.0000	144.856 3	141.273 7	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	-74.000	139.360 6	117.397 9	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	-61.000	117.397 9	100.507 4	シリカ

(表4のつぎ)

第2の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-4.5000	99.6617	98.4157	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-137.8776CX	2282.2178CX	- 13.7501	94.8267	91.8775	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-94.0059CX	-46.6659CC	- 13.4850	82.8663	78.1418	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-147.2483CX	-77.8924CC	- 22.2075	72.7262	50.6555	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-139.2880CX	-319.4830CC	- 13.8321	49.5648	39.0473	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-129.3483CX	-426.7350CC	-6.1500	37.3816	32.4880	シリカ
ウェハ	画像	無限遠				

【請求項25】 以下のデータによる構成を有する、請求項23に記載の光学縮小システム。

【表5】

表5

エレメント	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	アポ-チャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
可変 波長板	無限遠	無限遠	33.1000	123.000 0	123.000 0	石英
レチクル	無限遠		62.7514			
第1の レンズ群内の レンズ	-136.1134 CC	-152.5293 CX	16.8300	120.755 2	129.435 4	シリカ
第1の レンズ群内の レンズ	-270.1396 CC	-191.8742 CX	20.5341	132.915 2	139.037 7	シリカ
第1の レンズ群内の レンズ	-188.5000 CC	-284.7476 CX	17.5000	156.193 8	165.656 7	シリカ
第1の レンズ群内の レンズ	433.8174 CX	-841.5599 CX	25.8293	173.827 9	174.833 4	シリカ
第2の レンズ群内の レンズ	-150.3231 CX	-4413.4834 CC	- 34.4584	178.507 1	174.226 0	シリカ

(表5のつぎ)

第2の レンズ群内 のレンズ	620.5706 CC	-146.4997 CC	- 11.8800	150.410 9	141.802 1	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-265.9886 CX	1773.5314 CX	- 24.1851	142.185 1	141.240 0	シリカ
第2の レンズ群内 のレンズ	-244.9899 CX	-142.1558 CC	- 11.8800	139.329 0	133.896 7	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	- 71.2800	134.311 5	189.782 6	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠			189.7826		反射
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	71.2800	189.782 6	189.782 6	シリカ
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	5.9400	142.342 9	142.670 7	シリカ
凹面 ミラー	非球面		18.5263	143.5034		反射
第1の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-5.9400	134.278 8	130.939 8	シリカ

(表5のつづき)

ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	- 71.2800	130.122 1	111.724 7	シリカ
ビーム スプリッター	無限遠	無限遠	- 60.4000	111.724 7	96.1353	シリカ
第2の 1/4 波長板	無限遠	無限遠	-4.4550	95.3562	94.2064	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-127.4561 CX	-139.8019 CC	- 13.0104	90.4737	87.7002	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-98.8793 CX	-124.1302 CC	- 12.2874	80.7016	76.3270	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-132.0104 CX	-70.9574 CC	- 17.8706	71.0789	53.4306	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-123.1071 CX	-585.4471 CC	- 19.9496	52.6417	38.2256	シリカ
第3の レンズ群内 のレンズ	-137.8349 CX	-292.6179 CX	-6.0885	36.7251	31.8484	シリカ
ウェハ	画像	無限遠		26.5000		

【請求項26】 画像空間開口数および物体空間開口数を有する、長共役端部から短共役端部の光学縮小システムであって、

正の出力の第1のレンズ群と、
負の出力の第2のレンズ群であって、該第2のレンズ群は該物体空間開口数に
実質的に同じ入射開口数を有する、第2のレンズ群と、
ビームスプリッターと、
凹面ミラーと、
正の出力の第3のレンズ群と
を備え、該システムに入射する放射が、該第1のレンズ群、該第2のレンズ群
、該ビームスプリッターを通り、該凹面ミラーで反射されて再度該ビームスプリ
ッターを通り、該第3のレンズ群を通るように配列される、光学縮小システム。

【請求項27】 前記入射開口数は前記物体空間開口数よりもわずかに大きい、請求項26に記載の光学縮小システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の背景)

(発明の分野)

本発明は、概して、半導体製造において使用される光学システムに関する。

【0002】

(関連技術)

半導体デバイスは、一般に、さまざまなフォトリソグラフィ技術を用いて製造される。半導体チップで使用される回路機構は、ウェハ上にレチクルから投射される。この投射は、しばしば、光学システムの使用で為される。これらの光学システムの設計は複雑なことが多く、半導体チップ上に配置される、サイズが小さくなる一方の構成要素を生成するために必要とされる所望な分解能を得ることは困難である。したがって、0.25ミクロンより小さい、極めて精細な構成要素のフューチャを生成することが可能な光縮小システムを開発するために、多くの労力が費やされてきた。極めて精細な構成要素のフューチャを生成することが可能な光学システムを開発する必要性が、システムの性能を向上させるために必要とされる。

【0003】

従来の光学システムは、1996年7月16日にWilliamsonに発行された、名称「Catadioptric Optical Reduction System with High Numerical Aperture」の米国特許5,537,260号に開示される。この文献は、開口数0.35を有する光縮小システムを記載する。別の光学システムは、1990年9月4日にWilliamsonに発行された、名称「Optical Reduction System」の米国特許4,953,960号に開示される。この文献は、248nmの範囲で動作し、開口数0.45を有する光学システムを記載する。

【0004】

(発明の要旨)

これらの光学システムは、それぞれの意図する目的を十分に実行するが、システムの性能を向上することがさらに必要とされる。本発明者は、レチクル複屈折の影響を最小化する必要性があることを特定した。さらに、システム性能に受容可能な狭い線幅臨界寸法（CD）制御誤差を有する光学システムが必要とされる。

【0005】

照射偏光を制御するための補償を導入することにより、反射屈折投射光学要素を含む偏光感光性投射光学要素におけるレチクル複屈折の性能の影響を制限する。レチクル基板が複屈折を示す場合、光学システムを介して投射された光の偏光は変化する。

【0006】

この変化は、システム全体の性能を変更する。反射率、挿入損、ビームスプリッタ比などの特性は、偏光ごとに異なる。これにより、ウェハでの線量誤差が生じる。線量誤差は、線幅CD制御誤差に寄与する。

【0007】

さらに、全く好適な偏光に対してさえ、線量誤差は、レチクル複屈折から生じ得る。この影響は比較的小さいが、レチクル基板が複屈折を示し、その入力光がレチクル基板で小さな誤差を有する場合、線量誤差はかなり大きくなる。本発明は、入力光に基づく照射偏光をわずかに変えた照射を最適化することによってレチクル複屈折の影響を最小化する。それにより、線量誤差は最小化される。この最小化により、線幅CD制御誤差の減少が生じる。

【0008】

ある実施形態において、反射屈折光縮小システムは、長い共役端の前に、レチクルリタデーションに対する可変補償を有する。レチクルの前の可変補償成分（単数または複数）は、レチクルまたはレチクル近傍の偏光を楕円に調整可能である。可変補償成分は、可変波長板、反射または透過薄膜偏光子、ベレーク（Berek）の補償器および／またはソレイユーバビネ補償器であり得る。

【0009】

ある用途において、レチクルは、波長よりかなり小さい量の複屈折を有する。

そのような用途において、複屈折はレチクルを対して変化する。この可変複屈折は、位置の関数である線量誤差および関連CD線幅変動を導入する所望な偏光状態を変更する。

【0010】

偏光補償器は、線量誤差を最小化するために照射偏光状態の最適化を可能にする。これらの小さな変化は、従来の光学システムにおいて必要とされる数%の偏光純度と比較して、偏光純度をより完璧なレベルに調整する。

【0011】

偏光状態純度は、実際の偏光楕円性にわずかに変化することによって、調整される。一般に、補償器は、レチクルでの偏光状態を変化させるための照射システムにおいて任意の場所に配置され得る。しかし、任意の強い偏光子（例えば、偏光アナライザ）の場合、補償器は、偏光子のレチクル側部に配置されるべきである。

【0012】

反射屈折光縮小システムは、26mm×5mmフィールド上の0.25ミクロンより小さいフューチャをパターン化することができる0.7の比較的高い開口数を提供する。それにより、光縮小システムは、フォトリソグラフィ用途、および、半導体製造において使用されるようなステップ、走査ミクロリソグラフィ露光ツールなどのツールにうまく適応される。幾つかの他の実施形態は、得られ得るスペクトル帯域幅を広げるために、異なる屈折力の素子を組み合わせる。

【0013】

別の実施形態において、本発明は、オブジェクトまたは長い共役端から縮小イメージまたは短い共役端まで、偏光補償器、レチクル、第1のレンズ群、第2のレンズ群、ビームスプリッタ立方、同心円凹面鏡および第3のレンズ群を有する反射屈折縮小システムである。凹面鏡は、単位倍率近くで動作する。これは、その鏡によって導入される収差およびビームスプリッタ立方に入力する放射の直径を減らす。凹面鏡の前の第1のレンズおよび第2のレンズ群は、凹面鏡およびその近傍におけるアパーチャストップで無限に入射瞳をイメージするのに十分な出力を提供する。凹面鏡の後の第3のレンズ群は、オブジェクトから光学システム

のイメージまでの縮小したかなりの部分、および、アパーチャストップの無限の射出瞳への投射を提供する。高次の収差は、非球面凹面鏡を用いることによって、縮小される。

【0014】

本発明のさらなる実施形態、特徴および利点は、本発明のさまざまな実施形態の構造および動作と同様に、添付の図面を参照して、以下に詳細に記載される。

【0015】

本明細書に組み込まれ、本明細書の一部分を形成する添付の図面は、本発明をその記載とともに図示し、さらに、本発明の原理を説明する役割を果たし、当業者が本発明を行なうこと、かつ、使用することを可能にする。

【0016】

ここで、添付の図面を参照して、本発明を説明する。図面において、同じ参照符号は、同じまたは機能的に類似な要素を示す。さらに、参照番号の最も左の番号（単数または複数）は、その参照符号が始めに登場した図面を特定する。

【0017】

（好適な実施形態の詳細な説明）

- I. 概説
- II. 専門用語
- III. 従来の光学システムとレチクル複屈折
- IV. 偏光補償
- V. 例示のインプリメンテーション
 - A. レーザ照射偏光の制御を有する光学システム
 - B. 別の実施形態
 - C. さらに実施形態

I. 概説

本発明は、レチクル複屈折を補償する。これは、フォトリソグラフィの反射屈折縮小システムのイメージング品質を向上させる。本発明を説明するために、始めに専門用語セクションを提供する。概説セクションの後に、例示の従来の光縮小システム（図1）および本発明者らによって認識されたレチクル複屈折の問題

(図2A)を説明する。偏光補償および本発明による偏光補償を達成するための光学要素が記載される(図2Bおよび図2C)。最後に、イメージング品質を向上させる光縮小システムにおける1つ以上の補償器を有する本発明の例示のインプリメンテーションを説明する(図3～図9)。

【0018】

II. 専門用語

本発明をより明らかに描写するために、可能な限り一貫して以下の用語規定に忠実になるように明細書全体にわたって尽力されている。

【0019】

用語「回路機構」は、半導体デバイスにおいて使用するために設計されフューチャを指す。

【0020】

用語「線量誤差」は、イメージまたはウェハ平面に入射する放射の力分散の変動を指す。

【0021】

用語「フューチャ配向」は、投射に対してレチクルにプリントされたパターンを指す。

【0022】

用語「長い共役端」は、光学システムのオブジェクトまたはレチクル端における平面を指す。

【0023】

用語「短い共役端」は、光学システムのイメージまたはウェハ端における平面を指す。

【0024】

用語「プリントバイアス」は、光学システムの非対称性によって生成されたウェハ上の線における変動を指す。非対称性は、システムおよびレチクルのさまざまなステージでの回折によって生成される。

【0025】

用語「半導体」は、電氣的に変更され得る固体基板を指す。

【0026】

用語「半導体チップ」は、任意の数のトランジスタまたは他の構成要素を有する半導体デバイスを指す。

【0027】

用語「ウェハ」は、一連のフォトマスクステップ、エッチングステップおよび／またはインプリメンテーションステップを行なう半導体製造におけるベース材料を指す。

【0028】

用語「波長板」は、複屈折を示す材料から作成されるリタレーション板または位相器を指す。

【0029】

I I I. 従来の光学システムとレチクル複屈折

図1は、従来の光縮小システムを図示する。レチクルが配置される長い共役端からウェハが配置される短い共役端にまで、従来の光縮小システムは、第1の光学要素群120と、ビームスプリッタ立方150と、第1の1/4波長板140と、凹面鏡130と、第2の1/4波長板160と、第2の光学要素群170とを有する。これらの要素120～170の各々は、1996年7月16日にWilliamsonに発行された、名称「Catadioptric Optical Reduction System with High Numerical Aperture」の米国特許5,537,260号に記載される。任意の光学システムのフューチャは、開口数のサイズおよびスペクトル放射の要件に相互依存する。レチクルに効率的に放射するために、直線偏光が所望され得る。ある場合において、他の照射偏光状態、例えば、右円偏光または左円偏光が所望されてもよい。上で紹介された直線偏光またはほぼ直線偏光に限定して、以下のセクションを説明する。

【0030】

本発明者が認識したように、ほぼすべてのレチクルは弱い複屈折である。したがって、レチクルは、レチクルからウェハまで投射されるのに使用される直線偏光を変更する。波長板とほとんど同じだが、かなり小さい程度まで、レチクルは

、入射直線偏光を、楕円的に偏光し得る。これにより、レチクルへのフューチャ配向によって少なくとも部分的に拡大される、ウェハでの線量誤差が導入される。線量誤差は、好適な偏光に対してさえ、線幅CD制御誤差に寄与する。線幅CD制御誤差は、半導体デバイスの性能に対して悪影響を及ぼす。

【0031】

図2Aは、レチクル110の複屈折特性を図示する。レチクル110は、直線偏光210の経路に配置される。ベクトル図205は、偏光の直線状態を図示する。レチクル110は弱いリターダであり、すなわち、レチクル110はわずかな大きさの複屈折を示す。レチクル110の後、光出力230における曲線によって示されるように、光は異なって偏光される。ベクトル図235は、レチクルを離れる光のチップ237およびスプレッド238を示す。

【0032】

IV. 偏光補償

波長板（リタレーション板または位相器）は、複屈折を示す材料から形成される。内部応力または外部応力下でのガラス状の材料および結晶を含む複屈折材料は、ほぼ非等方性である。これは、電子の原子結合力が異なる方向で異なり、結果として、同じように屈折率が異なることを意味する。

【0033】

結晶の最も単純な分類は、立方対称の結晶である。立方晶において、すべての3つの結晶学的方向または軸が等価である。 $n_x = n_y = n_z$ で、結晶は光学的に等方性である。光が結晶に対してどのように偏光されるかにかかわらず、光は、同じ屈折率を受け、それにより、同じ位相遅延を受ける。したがって、一定の位相遅延を積み重ねることを除いて、いかなる偏光も、欠陥がない等方性結晶を通して移動した後も変化しないままである。（これは、またガラスのようなアモルファス基板にも当てはまる。）

しかし、結晶の別の分類は、非対称性（または、非等方性）光学的特性を示す。それらは、複屈折結晶として公知である。複屈折のあるタイプは単軸であり、これは1つの結晶軸が他の2つと異なること、すなわち、 $n_z \neq n_x = n_y$ を意味する。光学特性が単軸である一般的な結晶は、石英、方解石、 MgF_2 である。

単軸である1つの結晶軸は、しばしば「異常光」軸と呼ばれ、その関連する屈折率は n_e と表される。一方、他の2つの軸は屈折率 n_o を有する「常光」軸である。

【0034】

石英などの単軸複屈折結晶の場合、光学軸として知られた1つの対称軸（実際には、1つの方向）は、2つの異なる主屈折率を示す。これは、最大屈折率 n_o （遅軸）と最小屈折率 n_e （速軸）である。

【0035】

単軸結晶の専門用語によれば、以下の表示、すなわち、速軸および遅軸を使用する。最も小さい屈折率を有する軸が速軸である。石英のように、 $n_e < n_o$ である場合、異常光軸は速軸であり、常光軸は遅軸である。逆に、方解石および MgF_2 のように、 $n_e > n_o$ である場合、異常光軸は遅軸であり、常光軸は速軸である。定義によれば、石英は正の単軸結晶とよばれ、方解石は負の単軸結晶とよばれる。これら2つの屈折率は、光軸に平行および垂直な光フィールド発振に対応する。

【0036】

結晶の常光軸に沿って直線偏光された入力光は、常光波として機能し、屈折率 n_o を受ける。光は結晶の異常光軸に沿って直線偏光するように結晶を回転させると、光は、屈折率 n_e を示す異常波として機能する。これら2つの場合においては、たとえ光が物理的に同じ経路長を通過しても、位相遅延または光学経路長が異なる。

【0037】

したがって、石英の場合、最大屈折率は、ある光学経路に沿った材料を通過する常光線の結果である。最小屈折率は、別の光学経路に沿った材料を通過する異常光線の結果である。複屈折材料を通る常光線および異常光線の速度は、屈折率とともに激しく変化する。2つの光線を再び結合する場合、速度の差は位相差を生じる。直線偏光光線を入射する場合、これは、

【0038】

【数1】

$$\alpha = 2\pi d \frac{(n_e - n_o)}{\lambda};$$

によって与えられ、ここで、 α は位相差、 d は波長板の厚さ、 n_e 、 n_o は異常光および常光のそれぞれの屈折率、 λ は波長である。したがって、任意の特定の波長において、位相差は、波長板の厚さによって統制される。

【0039】

1/4波長板の厚さは、位相差が1/4波長の（ゼロ次）または1/4波長の数倍（多次）になるようなものである。入射する直線偏光光線の電場ベクトルと1/4波長板のリタデーション主断面との間の角度が45度である場合、発生するビームは円偏光される。

【0040】

さらに、1/4波長板を2回通過すると、例えば、光がミラーによって反射されて1/4波長板を2回通過すると、それは半波長板のように作用し、偏光平面をある角度に回転させる。

【0041】

入射光の波長の1/4を導入する複屈折材料の厚さは、1/4波長板を意味する。これは、半波長の整数倍に1/4波長を足したもの、または、1/4波長だけ異なる位相リタデーションの材料の2つの厚さと比較される。それにより、入射角度の大きな変動の悪影響は、ゼロ次の波長板の使用によって、かつ、入射平面のフィールドサイズを制限することによって、高開口数において最小化される。

【0042】

同様に、半波長板の厚さは、位相差が1/2波長（ゼロ次）または1/2波長の奇数倍（多次）であるようなものである。半波長板に入射する直線偏光ビームは、光軸に対する角度が入射ビームの2倍の角度であるように回転された直線偏光ビームとして、発せられる。

【0043】

可変波長板は幾つかの態様であり得るが、これらの可変波長板の特性は、上記の多次の特性と同様のよくない特性を有し得る。しかし、リタデーションを連続的に調整し得る波長板をゼロ次にするために利用可能な技術がある。そのような可変波長板は、また、偏光補償器とよばれ、それを用いて、 $1/4$ 波長および半波長を含む、広い範囲の波長のリタデーションを得ることができる。主に、2つのタイプの補償器が存在する。それは、ベレーク補償器と、ソレイユーバビネ補償器である。

【0044】

これら2つの補償器の特性は、図2Bおよび図2Cで示される。図2Bは、ベレーク補償器の特性を図示する。図2Cは、ソレイユーバビネ補償器の特性を図示する。

【0045】

図2Bに示されるベレーク補償器は、平面に垂直な異常光軸でカットした単一平面から作製される。光240が平面に垂直に入射する場合、偏光に依存しない速度で光は伝搬する。この場合、出力光245にはリタデーションがない。なぜなら、光は屈折率 n_o を受けるのみだからである。この光は、異常光軸を「知らない (ignorant)」。しかし、板250が光240の方に、または、光240から離れて傾く場合（それは、板250'で示される）、入射平面の軸の1つがわずかに異常になる。ここで、その軸は、以下の公式で与えられる、実効屈折率 n'_e を有する。

【0046】

【数2】

$$\frac{1}{n'_e} = \sqrt{\frac{\cos^2 \theta_R}{n_o^2} + \frac{\sin^2 \theta_R}{n_e^2}}$$

異常光軸は、その板に垂直である。傾きにより、出力光245'において、複屈折が生じ、それにより、位相リタデーションが生じる。ベレーク補償器のリタデーションの量が傾きの程度に依存しても、それは、他の補償器に等しい角度感

応性を有する。ベレーク補償器は、単軸結晶の1つの板のみからなるので、魅力的であり、それにより、以下に示すように、ソレイユーバビネの多様性を保持しながら、コストおよび光学損失を下げる。

【0047】

ソレイユーバビネは、効率的には、2つの単軸板をともに積み重ねたものからなる。図2Cは、板260、270および板280、290を示す。2つの板の異常光軸はお互いに垂直であり、それにより、常光軸および異常光軸の役割は、光が一方の板の後、他方の板を通過すると、反転する。板260(280)に集積された位相差またはリタデーションは、板270(290)によって部分的に、または、完全に相殺され得る。

【0048】

可変補償器は、ウェッジ対263、265およびウェッジ対283、285に示されるように、2つの相補的なウェッジとして板260(280)を設計することによって、作製される。このように、板260(280)の全実効厚は、ウェッジ265に対してウェッジ263をスライドすることによって調整され得る。これを図2Cに図示する。板260(280)の厚さが板270(290)の厚さに正確に等しい場合、正味ゼロのリタデーションとなる。

【0049】

その動作は容易に理解されるが、ソレイユーバビネ補償器は、比較的高価であり得る。なぜなら、慎重に作られた、搭載された単軸結晶を3つ必要とするからである。ソレイユーバビネ補償器の別の欠点は、その設計において存在する6つの界面からの反射に起因して、極めて損失があることである。

【0050】

(V. 例示のインプリメンテーション)

(A. レーザ照射偏光の制御を有する光学システム)

本発明は、レチクルに対する複屈折の変動によって生じる偏光感光性投射光学システムにおける線量誤差を最小化するために、可変波長板を用いる。図に対して記載されるように、単一の偏光補償器は、単一の補償をレチクル全体に提供する。ある実施形態において、多数の複雑な補正器が、レチクル位置の関数として

変化する補正を提供し得る。

【0051】

別の実施形態において、補償器システムは、局所的なレチクル複屈折を補償するための照射偏光をオフセットするように設計され得る。

【0052】

ある実施形態において、線量制御に対して、偏光状態は、露光に対して評価され得る。例えば、偏光状態は、レチクルに対して平均化される。図3は、そのような非対称性またはプリントバイアスを削除する、本発明の実施形態を図示する。ベレーク補償器305は、オブジェクトまたはレチクル平面110の前に導入される。ベレーク補償器305は、レチクル平面偏光の光を微同調し、レチクル平面で所望な状態にほぼきっちりと整合させる。損失がない光学照射システムのある実施形態において、補償器は、補償器なしの偏光状態に等しい偏光に対する補正を導入する。補正は、反対の意味を表す記号だが、所望な状態から離れるものである。投射光学要素は、任意の強い偏光子の前に、意図しない小さい量の複屈折を有する場合、照射補償器は、この複屈折を補償する、さらなる量をオフセットし得る。したがって、レチクルの複屈折によって生じる線量誤差は最小化され、線幅制御が向上する。

【0053】

(B. 別の実施形態)

ソレイユーベリエ補償器405がベレーク305の代わりにレチクル110の前のシステムにおいて挿入され得ることが当業者には明らかである。ソレイユーベリエ補償器405が、上述したように、ベレーク補償器305と同様な機能を果たし、一般的に同様な特性で働く、この実施形態を図4に示す。

【0054】

(C. さらなる実施形態)

本発明は、種々の投影光学システムにおいて実現され得る。例えば、本発明は、本明細書中に詳細に説明されるカタディオプトリックシステムならびに屈折システムおよび反射システムにおいて実現され得る。本明細書において提供される教示内容に少なくとも基づけば、当業者であれば、本発明の実施形態が他の縮小

システムにも適用可能であることを理解する。本発明のさらなる詳細な実施形態を以下に提供する。

【0055】

可変波長板505、605、705、805および905を有するさらなる実施形態を図5～9を参照して以下に詳細に説明する。可変波長板505、605、705、805および905は、可変波長板に限定されず、一般的には、層状波長板、対向ミラー、ベレークの補償器および／またはソレイユーバビネ補償器を含む可変補償器のうち任意のタイプであり得るが、これらに限定されない。

【0056】

図5は、レチクル複屈折を補償を提供するための照明システム内に可変波長板505を含む、本発明の光学縮小システムの別の実施形態を示す。この光学縮小システムは、図5の長共役端部から、可変波長板505、物体またはレチクル面110、第1のレンズ群LG1、折りたたみ式ミラー520、第2のレンズ群LG2、ビームスプリッター立方530、第1の1/4波長板532、凹面ミラー534、第2の1/4波長板538および第3のレンズ群LG3を含む。画像は、画像面またはウェハ面180に形成される。第1のレンズ群LG1は、シェル512、正レンズ514および負レンズ516を含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび正レンズ518を含む。シェル512は、ほぼ0の出力または0の出力レンズである。第2のレンズ群LG2は、正レンズ522、負レンズ524および正レンズ526を含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび負レンズ528を含む。第3のレンズ群LG3は、強い正である2つの正レンズ540と542、シェル544および弱い正である2つの正レンズ546と548を含む。折りたたみ式ミラー520は、本発明を動作させるために必須ではない。しかしながら、折りたたみ式ミラーは、物体面および画像面が平行となることを可能にする。このことは、本発明の光学システムの1つの目的とするアプリケーションにとって都合がよい。このアプリケーションは、ステップおよびスキャンシステムによるフォトリソグラフィーを用いた半導体デバイスの製造である。

【0057】

放射が、長共役端部においてシステムに入り、第1のレンズ群LG1を通して

、折りたたみ式ミラー520で反射され、第2のレンズ群LG2を通る。放射は、ビームスプリッター立方530に入って、表面536で反射され、1/4波長板532を通過して凹面ミラー534で反射される。次いで、放射は、再度1/4波長板532、ビームスプリッター立方530を通り、1/4波長板538、レンズ群LG3を通過して、画像またはウェハ面180で焦点を合わせられる。

【0058】

ミラーのレンズ群上流LG1、LG2は、凹面ミラー534でまたはその近傍でのアパーチャストップ531に無限遠における入射瞳を結像するのに十分な出力のみを提供する。レンズ群LG1とLG2とを組み合わせた出力は、わずかに負である。シェル512および空隙デュプレット514と516は、非点収差、像面湾曲およびディストーションを含む収差補正を助ける。凹面ミラー534の後にあるレンズ群LG3は、物体から画像サイズへの縮小のほとんどを提供し、かつ無限遠の出射瞳へとアパーチャストップを投影する。2つの強い正レンズ540および542は、画像および無限遠での出射瞳における高い開口数を提供する。シェル544はほとんど出力を有さない。2つの弱い正レンズ546および548は、高次数の収差の補正を促進する。凹面ミラー534は、全体のシステムの縮小率の1.6~2.7倍の縮小率を提供し得る。

【0059】

第2のレンズ群LG2における負レンズ524は、ビームスプリッター立方530および凹面ミラー534に向けられた強い発散ビームを提供する。強い正レンズ522は横方向の色補正を提供する。レンズ524および526を含む空隙デュプレットは、球面収差およびコマ収差を補正するのを助ける。凹面ミラー534は好ましくは非球面であり、従って高次の収差をさらに低減するのに役立つ。

【0060】

ビームスプリッター立方530によって生じる透過損は、線形な偏光によって物体またはレチクルを照射し、ビームスプリッター立方530と凹面ミラー534との間に1/4波長板532を含むことによって、最小化される。さらに、凹面ミラー534およびビームスプリッター立方530の後にある第3のレンズ群

L G 3の開口数を増やすことによって、これらのエレメントにおける最大角範囲がみられなくなる。

【0061】

しかしながら、約0.5より大きな開口数の直線偏光を用いると、結像において微小であるが、顕著な非対称性が生じる。本発明では、ビームスプリッター立方530を最後に通った後別の1/4波長板538を導入して、直線偏光を円偏光に変換することによって、上記のことは効果的になくなり得る。この円偏光は、基本的には、その結像挙動において非偏光と区別不可能である。

【0062】

図5に示される光学システムは、4対1の縮小率で動作するように設計されている。従って、画像空間における開口数は、物体またはレチクル面110において4~0.175の因子によって0.7から減少される。すなわち、物体空間開口数は0.175であり、画像空間開口数は0.7である。第1のレンズ群L G 1を離れると、開口数は0.12まで減少し、その結果、無限遠での入射瞳を凹面ミラー534の近傍にあるシステムのアパーチャストップに結像するのにレンズ群L G 1に正出力が必要となる。第2のレンズ群L G 2を離れた後、ビームスプリッターに入ると、開口数は0.19である。従って、第2のレンズ群L G 2からの出射開口数(0.19)は、レンズ群L G 1の入射、または物体空間開口数(0.175)に比べて大きい。すなわち、第2のレンズ群L G 2は、第1のレンズ群L G 1の入射開口数よりも大きな出射開口数を有する。これは、第2のレンズ群L G 2の負出力全体に起因して、物体空間開口数(0.175)と極めて類似している。これは、ビームスプリッター立方に入ってくる開口数が典型的には0に近い、すなわちほぼ平行化された従来のシステムと異なる。凹面ミラー534はほぼコンセントリックであり、その凹面ミラー534から反射される放射の開口数は、0.19から0.35へとわずかに増えるのみである。第3のレンズ群L G 3は、ウェハまたは画像面180において最終的な値0.7へと開口数を効果的に2倍にする。

【0063】

本発明は、負の第2のレンズ群L G 2および強い正の第3のレンズ群L G 3に

よってビームスプリッター立方のエッジが遮ることなく、比較的高い開口数を達成する。板ビームスプリッターではなくてビームスプリッター立方530を用いることが本発明において重要である。なぜなら、約0.45より大きな開口数で、ビームスプリッター立方はより良好なパフォーマンスを提供するためである。ガラスの屈折率により立方内の開口数が減少し、非平行なビームがチルトした板ビームスプリッターに入射された際にその板ビームスプリッターによって生じる収差はない。本発明による図5に示されるレンズシステムの構成データを以下の表1に示す。

【0064】

【表6】

表 1

エリメント	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	アピチャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
505	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			0.7500			
110	無限遠		63.3853			
空間			0.7500			
512	-158.7745	-177.8880	15.0000	124.0478	131.7725	シリカ
空間			36.1130			
514	-556.6911	-202.0072	22.2126	148.3881	152.5669	シリカ
空間			38.7188			
516	-183.7199	-558.8803	15.0000	156.5546	166.5750	シリカ
空間			10.0674			
518	427.2527	-612.2450	28.8010	177.4010	179.0292	シリカ
空間			132.3320			
520	無限遠		-74.0000	184.6402		反射
522	-240.4810	2050.9592	-33.3135	188.4055	185.3395	シリカ
空間			-29.3434			
524	421.7829	-145.6176	-12.0000	175.5823	169.0234	シリカ
空間			-4.2326			
526	-150.4759	472.0653	-46.5091	171.4244	169.9587	シリカ
空間			-2.0000			
528	-1472.2790	-138.2223	-15.0000	165.3586	154.8084	シリカ
空間			-27.2060			
530	無限遠	無限遠	-91.8186	155.6662	253.0917	シリカ
536	無限遠			253.0917		反射
530	無限遠	無限遠	91.8186	253.0917	253.0917	シリカ
空間			2.0000			
532	無限遠	無限遠	6.0000	185.8693	186.8401	シリカ

(表1の続き)

空間			17.9918			
ストップ				188.0655		
534	非球面		-17.9918	188.0655		反射
532	無限遠	無限遠	-6.0000	183.5471	180.1419	シリカ
空間			-2.0000			
530	無限遠	無限遠	-91.8186	178.3346	149.2832	シリカ
530	無限遠	無限遠	-70.000	149.2832	128.8604	シリカ
空間			-2.0000			
538	無限遠	無限遠	-4.500	127.9681	126.6552	シリカ
空間			-0.7500			
540	-175.1330	1737.4442	-17.7754	121.4715	118.2689	シリカ
空間			-0.7500			
542	-108.8178	-580.1370	-18.2407	104.5228	97.7967	シリカ
空間			-0.7500			
544	-202.2637	-86.6025	-31.1216	91.7061	57.4968	シリカ
空間			-2.3507			
546	-122.1235	-488.7122	-17.9476	56.4818	41.1675	シリカ
空間			-0.2000			
548	-160.8506	-360.1907	-6.1500	39.4528	33.5764	シリカ
空間			-4.000			
180	無限遠			26.5019		

凹面ミラー534は、以下の式に従う非球面反射面を有する。

【0065】

【数3】

$$Z = \frac{(CURV)Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(CURV)^2 Y^2}} + (A)Y^4; \\ + (B)Y^6 + (D)Y^{10} + (E)Y^{12} + (F)Y^{14}$$

ここで定数は以下のようになる。

$$CURV = -0.00289051$$

$$\begin{aligned}
 K &= 0.000000 \\
 A &= 6.08975 \times 10^{-11} \\
 B &= 2.64378 \times 10^{14} \\
 C &= 9.82237 \times 10^{-19} \\
 D &= 7.98056 \times 10^{-23} \\
 E &= -5.96805 \times 10^{-27} \\
 F &= 4.85179 \times 10^{-31}
 \end{aligned}$$

表1の構成によるレンズは、中心が248.4ナノメートルの放射に対して最適化されている。石英ガラスおよび屈折力の大部分をなす1つの屈折材料は、図5に示す実施形態のスペクトル帯域幅を約10ピコメートルすなわち0.01ナノメートルに制限する。このスペクトル帯域幅は、狭い線幅のフッ化クリプトンエキシマレーザ光源に非常によく適している。図5に示す実施形態は、石英ガラスが適切に透過する任意の波長に対して最適化され得る。

【0066】

より広いスペクトル帯域幅は、異なる分散を有する2つの光学材料を用いて達成され得る。本発明の第2の実施形態を図6に示す。図6の長共役端部から、第1の1/4波長板608、物体またはレチクル面110、第2の1/4波長板611、レンズ群LG4、折りたたみ式ミラー622、レンズ群LG5、表面638を有するビームスプリッター立方632、第1の1/4波長板634、凹面ミラー636、第2の1/4波長板640およびレンズ群LG6を含む。画像は、画像またはウェハ面180で形成される。レンズ群LG4は、負レンズ612と正レンズ614とを含む間隔を空けて配置されるデュプレット、弱い正レンズ616、正レンズ618およびシェル620を含む。レンズ群LG5は、正レンズ624、負レンズ626、正レンズ628および負レンズ630を含む。レンズ群LG6は、2つの正レンズ642、正レンズ644と負レンズ646とを含む複合デュプレット、正レンズ648およびシェル650と正レンズ652とを含む複合デュプレットを含む。

【0067】

この第2の実施形態は、レンズ群LG4の個々の正レンズ、レンズ群LG5の

個々の負のレンズのうちの1つおよびレンズ群LG6の正のレンズのうち2つにフッ化カルシウムを用いる。本発明の図6に示される第2の実施形態の構成データを以下の表2に示す。

【0068】

【表7】

表2

エレメント 番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	P-面径 (mm)		
	前	後		前	後	
605	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	ガラス 石英
空間			0.5000			
110	無限遠		60.4852			
空間			0.5000			
612	-205.5158	539.1791	15.2158	124.0926	137.3346	シリカ
空間			8.8054			
614	2080.9700	-210.6539	32.4984	142.6149	151.7878	シリカ
空間			1.2676			
616	310.4463	700.3748	40.7304	162.4908	165.2126	CaF ₂
空間			0.5000			
618	634.1820	-798.8523	27.5892	165.4595	166.4747	シリカ
空間			0.5000			
620	1480.0597	1312.1247	25.4322	168.7516	164.7651	シリカ
空間			136.2343			
622	無限遠		-74.0000	161.9590		反射
624	-761.9176	1088.9351	-19.2150	160.3165	159.2384	シリカ
空間			-19.9463			
626	648.8361	-202.5872	-12.0000	155.1711	153.0635	CaF ₂
空間			-7.6304			
628	-400.4276	458.5060	-25.8769	153.0635	153.8055	シリカ
空間			-2.0000			
630	-818.0922	-168.5034	-27.5927	152.6663	147.5200	CaF ₂
空間			-20.5014			
632	無限遠	無限遠	-91.7553	148.6158	252.7349	シリカ
638	無限遠			252.7349		反射
632	無限遠	無限遠	91.7553	252.7349	252.7349	シリカ

(表2のつぎ)

空間			2.0000			
634	無限遠	無限遠	6.0000	185.8070	187.0026	シリカ
空間			18.1636			
ストップ				188.5681		
636	非球面		-18.1636	188.5681		反射
634	無限遠	無限遠	-6.0000	184.2566	181.1084	シリカ
空間			-2.0000			
632	無限遠	無限遠	-91.7553	179.3838	151.7747	シリカ
632	無限遠	無限遠	-70.0000	151.7747	133.3985	シリカ
空間			-2.0000			
640	無限遠	無限遠	-4.5000	132.5690	131.3876	シリカ
空間			-0.5000			
642	-112.0665	-597.6805	-21.4866	123.4895	119.2442	シリカ
空間			-0.5000			
644	-116.3137	282.3140	-24.0940	107.8431	101.2412	CaF ₂
646	282.3140	-66.5293	-13.7306	101.2412	72.6862	シリカ
空間			-2.6346			
648	-77.2627	-374.4800	-17.9594	72.0749	62.7659	シリカ
空間			-0.5452			
650	-130.1381	-57.1295	-20.8147	58.9696	37.4889	シリカ
652	-57.1295	-7305.8777	-6.1425	37.4889	34.3156	CaF ₂
空間			-4.0000			
180	無限遠			26.4992		

ここで、表1の後の式に用いられた非球面ミラー634の定数は、以下のようになる。

$$CURV = -0.00286744$$

$$K = 0.000000$$

$$A = -1.92013 \times 10^{-09}$$

$$B = -3.50840 \times 10^{-14}$$

$$C = 2.95934 \times 10^{-19}$$

$$D = -1.10495 \times 10^{-22}$$

$$E = 9.03439 \times 10^{-27}$$

$$F = -1.39494 \times 10^{-31}$$

この第2の実施形態は、中心が193.3ナノメートルの放射に対して最適化されており、約200ピコメートル、すなわち0.2ナノメートルのスペクトル帯域幅を有する。わずかに狭い線幅のフッ化アルゴンエキシマレーザが適切な光源である。さらに、この設計は、両方の屈折材料が適切に透過する任意の波長に対して最適化され得る。材料の分散が小さくなるにつれて、帯域幅は一般に、より長い波長に対して増加する。例えば、このような2つの材料設計は、248.4ナノメートル付近では、少なくとも400ピコメートル（0.4ナノメートル）の帯域幅にわたって動作する。

【0069】

360ナノメートルよりも長い波長では、光学ガラスのより広い範囲で適切に透過し始める。図7に示される第3の実施形態は、このガラスの広い選択範囲を利用して、さらに分散を減少させる。第3の実施形態は、図7の長共役端部から、物体またはレチクル面110、レンズ群LG7、折りたたみ式ミラー722、レンズ群LG8、表面738を有するビームスプリッター立方732、第1の1/4波長板734、凹面ミラー736、第2の1/4波長板740およびレンズ群LG9を含む。画像は、画像またはウェハ面180で形成される。レンズ群LG7は、負レンズ712と正レンズ714とを含む間隔を空けて配置されるデュプレット、正レンズ716と負レンズ718とを含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび正レンズ720を含む。レンズ群LG8は、正レンズ724、負レンズ726、正レンズ728および負レンズ730を含む。レンズLG9は、正レンズ742、正レンズ744と負レンズ746とを含む複合デュプレット、正レンズ748およびシェル750と正レンズ752とを含む複合デュプレットを含む。

【0070】

図7に示す第3の実施形態の構成データを以下の表3に示す。

【0071】

【表8】

表3

エレメント 番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	P-面径 (mm)		
	前	後		前	後	材質
705	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			0.5000			
110	無限遠		59.2960			
空間			0.5000			
712	-620.7809	361.8305	20.2974	125.9406	134.7227	PBM2Y
空間			2.6174			
714	515.7935	-455.1015	39.8858	135.3384	145.6015	PBM2Y
空間			14.7197			
716	431.3189	-239.4002	36.9329	155.6269	157.3014	BSL7Y
空間			0.5000			
718	-259.6013	685.3286	26.3534	156.9363	162.2451	PBM2Y
空間			1.4303			
720	361.5709	-1853.2955	23.3934	168.7516	165.1801	BAL15Y
空間			131.8538			
722	無限遠		-77.8469	169.9390		反射
724	-429.2950	455.4247	-32.3086	173.0235	171.1102	PBL6Y
空間			-27.6206			
726	401.0363	-180.0031	-12.0000	159.3555	154.7155	BSL7Y
空間			-5.6227			
728	-258.4722	1301.3764	-26.1321	154.7155	154.1517	PBM8Y
空間			-2.0000			
730	-1282.8931	-180.2226	-12.0000	153.1461	149.4794	BSL7Y
空間			-19.7282			
732	無限遠	無限遠	-91.7349	150.4585	252.6772	シリカ
738	無限遠			252.6772		反射
732	無限遠	無限遠	91.7349	252.6772	252.6772	シリカ
空間			2.0000			

(表3のつづ)

734	無限遠	無限遠	6.0000	185.6435	186.7758	シリカ
空間			18.2715			
ストップ				188.1745		
736	非球面		-18.2715	188.1745		反射
734	無限遠	無限遠	-6.0000	183.6393	180.1377	シリカ
空間			-2.0000			
732	無限遠	無限遠	-91.7349	178.3236	147.9888	シリカ
732	無限遠	無限遠	-70.0000	147.9888	126.9282	シリカ
空間			-2.000			
740	無限遠	無限遠	-4.5000	126.0289	124.6750	シリカ
空間			-0.5000			
742	-119.8912	-610.6840	-18.6508	117.5305	113.4233	BSM51Y
空間			-0.5000			
744	-114.1327	384.9135	-21.1139	102.6172	96.4137	BSL7Y
746	384.9135	-70.2077	-13.0576	96.4137	71.1691	PBL26Y
空間			-2.8552			
748	-85.7858	-400.3240	-16.9147	70.5182	61.2633	BSM51Y
空間			-0.8180			
750	-151.5235	-54.0114	-19.5810	57.6234	37.3909	BSM51Y
752	-54.0114	-2011.1057	-6.3947	37.3909	34.2119	PBL6Y
空間			-4.0000			
180	無限遠			26.5002		

ここで、表1の後の式に用いられた非球面ミラー736の定数は、以下のようになる。

$$CURV = -0.00291648$$

$$K = 0.000000$$

$$A = -1.27285 \times 10^{-09}$$

$$B = -1.92865 \times 10^{-14}$$

$$C = 6.21813 \times 10^{-19}$$

$$D = -6.80975 \times 10^{-23}$$

$$E = 6.04233 \times 10^{-27}$$

$$F = 3.64479 \times 10^{-32}$$

この第3の実施形態は、中心が365.5ナノメートルで8ナノメートルのスペクトル帯域幅にわたって動作する。このスペクトル帯域幅の放射は、Iライン周波帯においてフィルタリングされた水銀アークランプによって提供され得る。この第3の実施形態において用いられる石英ガラス以外の光学ガラスは、一般にはIラインガラスとして知られている。これらの光学ガラスは、水銀Iライン波長において少なくとも吸収またはソラリゼーション効果を有する。

【0072】

図8は、本発明の光学縮小システムの第4の実施形態を示す。この実施形態は0.63の開口数を有し、中心が248.4ナノメートルにおいて300ピコメートル（好ましくは100ピコメートル）のスペクトル帯域幅で動作し得る。図8の長共役端部から、光学縮小システムは、物体またはレチクル面110、第1のレンズ群LG1、折りたたみ式ミラー820、第2のレンズ群LG2、ビームスプリッター立方830、第1の1/4波長板832、凹面ミラー834、第2の1/4波長板838および第3のレンズ群LG3を含む。画像は画像またはウェハ面180に形成される。

【0073】

第1のレンズ群LG1は、シェル812、正レンズ814と負レンズ816とを含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび正レンズ818を含む。第2のレンズ群LG2は、正レンズ822、負レンズ824と正レンズ826とを含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび負レンズ828を含む。第3のレンズ群LG3は、2つの正レンズ840と842、シェル844および2つの正レンズ846と848を含む。ここでもやはり、図5に示される実施形態と同様に、図8の折りたたみ式ミラー820は、本発明の動作に必須ではないものの、物体110および画像面180を互いに平行にすることができる。このことは、フォトリソグラフィを用いて半導体デバイスを製造するのに都合がよい。

【0074】

図8に示す第4の実施形態の構成データを以下の表4に示す。

【0075】

【表9】

表 4

エレメント 番号	曲率半径 (mm)		厚さ (mm)	P.O-チャ直径 (mm)		
	前	後		前	後	ガラス
805	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			2.0000			
110	無限遠		63.3853			
空間			2.0000			
812	-183.5661	-215.7867CX	17.0000	122.8436	130.6579	シリカ
空間			46.6205			
814	-601.1535CC	-230.9702CX	21.4839	149.1476	153.3103	シリカ
空間			68.8075			
816	-195.1255	-345.4510CX	15.0000	161.6789	170.1025	シリカ
空間			3.0000			
818	435.8058CX	-1043.1745CX	24.9351	177.4250	178.2672	シリカ
空間			130.0000			
		偏心(1)				
820	無限遠		-64.5000	180.3457		反射
822	-210.7910CX	380.1625CX	-43.1418	181.6672	178.0170	シリカ
空間			-15.8065			
824	300.1724CC	-123.4535CC	-12.0000	166.7278	152.3101	シリカ
空間			-3.8871			
826	-126.8915CX	972.6391CX	-41.3263	154.8530	151.8327	シリカ
空間			-1.5000			
828	-626.4903CX	-116.6436CC	-12.0000	147.6711	136.1163	シリカ
空間			-31.8384			
830	無限遠	無限遠	-74.0000	137.2448	200.1127	シリカ
		偏心(2)				
836	無限遠			200.1128		反射

(表4のつぎ)

830	無限遠	無限遠	74.0000	200.1127	200.1127	シリカ
空間			2.0000			
832	無限遠	無限遠	6.0000	148.6188	149.0707	シリカ
空間			14.4638			
ストップ				149.6392		
834	非球面		-14.4638	149.6392		反射
832	無限遠	無限遠	-6.0000	144.8563	141.2737	シリカ
空間			-2.0000			
830	無限遠	無限遠	-74.0000	139.3606	117.3979	シリカ
		偏心的				
830	無限遠	無限遠	-61.0000	117.3979	100.5074	シリカ
空間			-2.0000			
838	無限遠	無限遠	-4.5000	99.6617	98.4157	シリカ
空間			-1.2000			
840	-157.8776CX	2282.2178CX	-13.7501	94.8267	91.8775	シリカ
空間			-1.2000			
842	-94.0019CX	-46.6659CC	-13.4850	82.8663	78.1418	シリカ
空間			-1.2000			
844	-147.2485CX	-77.8924CC	-22.2075	72.7262	50.6555	シリカ
空間			-3.2091			
846	-159.2880CX	-519.4850CC	-13.8321	49.5648	39.0473	シリカ
空間			-0.2000			
848	-129.3683CX	-426.7350CC	-6.1500	37.3816	32.4880	シリカ
空間	画像距離-		-4.0000			
850	画像	無限遠				

ここで、表1の後の式に用いられた非球面ミラー834の定数は、以下のようになる。

$$CURV = -0.00332614$$

$$K = 0.000000$$

$$A = -4.32261E-10$$

$$B = 3.50228E-14$$

$$C = 7.13264E-19$$

D = 2. 73587E - 22

この第4の実施形態は、中心が248.4 nmの放射に対して最適化されている。石英ガラスおよび屈折力の大部分をなす1つの屈折材料は、図8に示される実施形態のスペクトル帯域幅を制限する。しかしながら、第4の実施形態は、最初の3つの実施形態と同様に最大開口数0.7ではなくて最大開口数0.63を有するので、第4の実施形態は、スペクトルの半波高全幅値300ピコメートル（または好ましくは、100ピコメートル）にわたって許容され得る結像を提供する。従って、前者では狭くない、後者では狭いエキシマレーザが光源に採用され得る。

【0076】

第4の実施形態は、以下の点で最初の3つの実施形態と異なる。すなわち、第4の実施形態のLG1およびLG2の正味の出力は、最初の3つの実施形態におけるように弱い負ではなくて弱い正である。さらに、このことは、LG1とLG2とを合わせた全体の集光力は、正または負の何れかであり得、やはり無限遠にて入射瞳を凹面ミラー834でまたはその付近で結像することを可能にすることを示す。

【0077】

図9は、本発明の光学縮小システムの第5の実施形態を示す。好ましくは、この実施形態は、開口数0.60を有し、中心が248.4ナノメートルにおいて300ピコメートルのスペクトル帯域幅で動作する。この光学縮小システムは、図9の長共役端部から、照明システム内の可変波長板905、物体またはレチクル面110、第1のレンズ群LG1、折りたたみ式ミラー920、第2のレンズ群LG2、ビームスプリッター立方930、第1の1/4波長板932、凹面ミラー934、第2の1/4波長板938および第3のレンズ群LG3を含む。画像は、画像またはウェハ面180に形成される。

【0078】

第1のレンズ群LG1は、シェル912、正レンズ914と負レンズ916とを含む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび正レンズ918を含む。第2のレンズ群LG2は、正レンズ922、負レンズ924と正レンズ926とを含

む間隔を空けて配置されるデュプレットおよび負レンズ928を含む。第3のレンズ群LG3は、2つの正レンズ940と942、シェル944および2つの正レンズ946と948を含む。ここでもやはり、図5に示される実施形態と同様に、図9の折りたたみ式ミラー920は、本発明の動作に必須ではないものの、物体および画像面を互いに平行にすることができる。このことは、フォトリソグラフィを用いて半導体デバイスを製造するのに都合がよい。

【0079】

図9に示す第5の実施形態の構成データを以下の表5に示す。

【0080】

【表10】

表 5

エリソ	曲率半径 (mm)		厚さ	ポイント直径 (mm)		
番号	前	後	(mm)	前	後	ガラス
905	無限遠	無限遠	33.1000	123.0000	123.0000	石英
空間			1.1880			
910	無限遠		62.7514			
空間			1.1880			
912	-136.1154 CC	-152.5295 CX	16.8300	120.7552	129.4354	シリカ
空間			4.5206			
914	-270.1396 CC	-191.8742 CX	20.5341	132.9152	139.0377	シリカ
空間			90.8476			
916	-188.9000 CC	-284.7476 CX	17.5000	156.1938	165.6567	シリカ
空間			2.9700			
918	433.8174 CX	-841.5599 CX	25.8293	173.8279	174.8334	シリカ
空間			149.4549			
		偏心(1)				
920	無限遠		-61.0000	177.2183		反射
922	-190.3251 CX	-3413.4836 CC	-34.4584	178.5071	174.2260	シリカ
空間			-51.5487			
924	690.5708 CC	-446.1997 CC	-11.8800	150.4109	141.8021	シリカ
空間			-10.6267			
526	-263.9584 CX	1773.5514 CX	-24.1851	142.1851	141.2400	シリカ
空間			-1.5000			
928	-344.9199 CX	-442.8358 CC	-11.8800	139.3290	133.8967	シリカ
空間			-21.6411			
930	無限遠	無限遠	-71.2800	134.3115	189.7826	シリカ
		偏心(2)				

(表5のつぎ)

936	無限遠			189.7826		反射
930	無限遠	無限遠	71.2800	189.7826	189.7826	シリカ
空間			1.9800			
932	無限遠	無限遠	5.9400	142.3429	142.6707	シリカ
空間			18.5263			
ストップ				143.5034		
934	非球面		-18.5263	143.5034		反射
932	無限遠	無限遠	-5.9400	134.2788	130.9398	シリカ
空間			-1.9800			
930	無限遠	無限遠	-71.2800	130.1221	111.7247	シリカ
		偏心の				
930	無限遠	無限遠	-60.4000	111.7247	96.1353	シリカ
空間			-1.9800			
938	無限遠	無限遠	-4.4550	95.3562	94.2064	シリカ
空間			-1.1880			
940	-127.4361 CX	-139.8019 CC	-13.0104	90.4737	87.7002	シリカ
空間			-1.1880			
942	-98.8793 CX	-424.1302 CC	-12.2874	80.7016	76.3270	シリカ
空間			-1.1880			
944	-132.0104 CX	-70.3574 CC	-17.8706	71.0789	53.4306	シリカ
空間			-3.1246			
946	-123.1071 CX	-385.4471 CC	-19.9496	52.6417	38.2256	シリカ
空間			-0.1980			
948	-137.8349 CX	-292.6179 CX	-6.0885	36.7251	31.8484	シリカ
空間	画像距離 =		-4.0000			
950	画像	無限遠		26.5000		

ここで、表1の後の式に用いられた非球面ミラー934の定数は、以下のようになる。

$$CURV = -0.00325995$$

$$K = 0.000000$$

$$A = -6.91799E-10$$

$$B = 5.26952E-15$$

$$C = 6.10046E-19$$

$$D = 1.59429E-22$$

この第5の実施形態は、中心が248.4nmの放射に対して最適化されている。石英ガラスおよび屈折力の大部分をなす1つの屈折材料は、図9に示される実施形態のスペクトル帯域幅を制限する。しかしながら、第5の実施形態は、最初の3つの実施形態と同様に最大開口数0.7ではなくて最大開口数0.6を有するので、第5の実施形態は、スペクトルの半波高全幅値300ピコメートルにわたって許容され得る結像を提供する。従って、狭くないエキシマレーザが光源に採用され得る。第5の実施形態は、以下の点で最初の3つの実施形態と異なる。すなわち、第5の実施形態のLG1およびLG2の正味の出力は、最初の3つの実施形態におけるように弱い負ではなくて弱い正である。さらに、このことは、LG1とLG2とを合わせた全体の集光力は、正または負の何れかであり得、やはり無限遠にて入射瞳を凹面ミラー934でまたはその付近で結像することを可能にすることを示す。

【0081】

(結論)

本発明の特定の実施形態を上述してきたが、これらは単なる例示として示されたものであって、制限するものではないことを理解されたい。当業者であれば、上掲の特許請求の範囲に規定される本発明の意図および範囲を逸脱することなく、本明細書中において形態および細部における種々の変更を為し得ることを理解する。従って、本発明の広さおよび範囲は、上述の例示的な実施形態のいずれによっても制限されるのではなく、上掲の特許請求の範囲およびその均等物によってものみ規定されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、従来の光学投射システムの模式図である。

【図2A】

図2Aは、レチクルの複屈折特性を示す図である。

【図2B】

図2Bは、ベレーク補償器の特性を示す図である。

【図2C】

図2Cは、ソレイユーバビネ補償器の特性を示す図である。

【図3】

図3は、ベレーク補償器を用いた本発明のある実施形態の模式図である。

【図4】

図4は、ソレイユーバビネ補償器を用いた本発明のある実施形態の模式図である。

【図5】

図5は、単屈折材料を用いた本発明のさらなる実施形態の模式図である。

【図6】

図6は、2つの異なる屈折材料を用いた本発明の別の実施形態である。

【図7】

図7は、2つより多くの異なる屈折材料を用いた本発明の別の実施形態である。

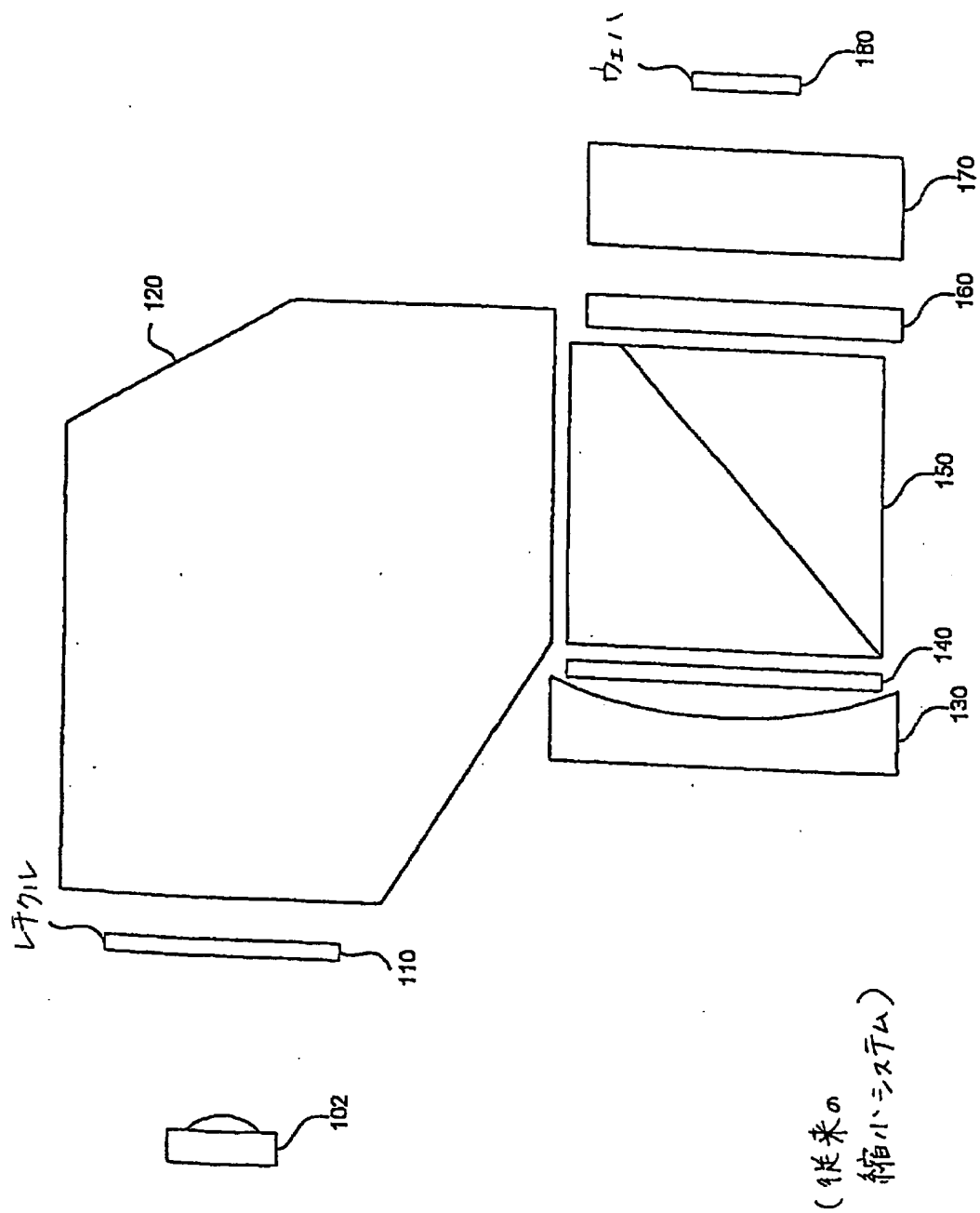
【図8】

図8は、本発明の別の実施形態である。

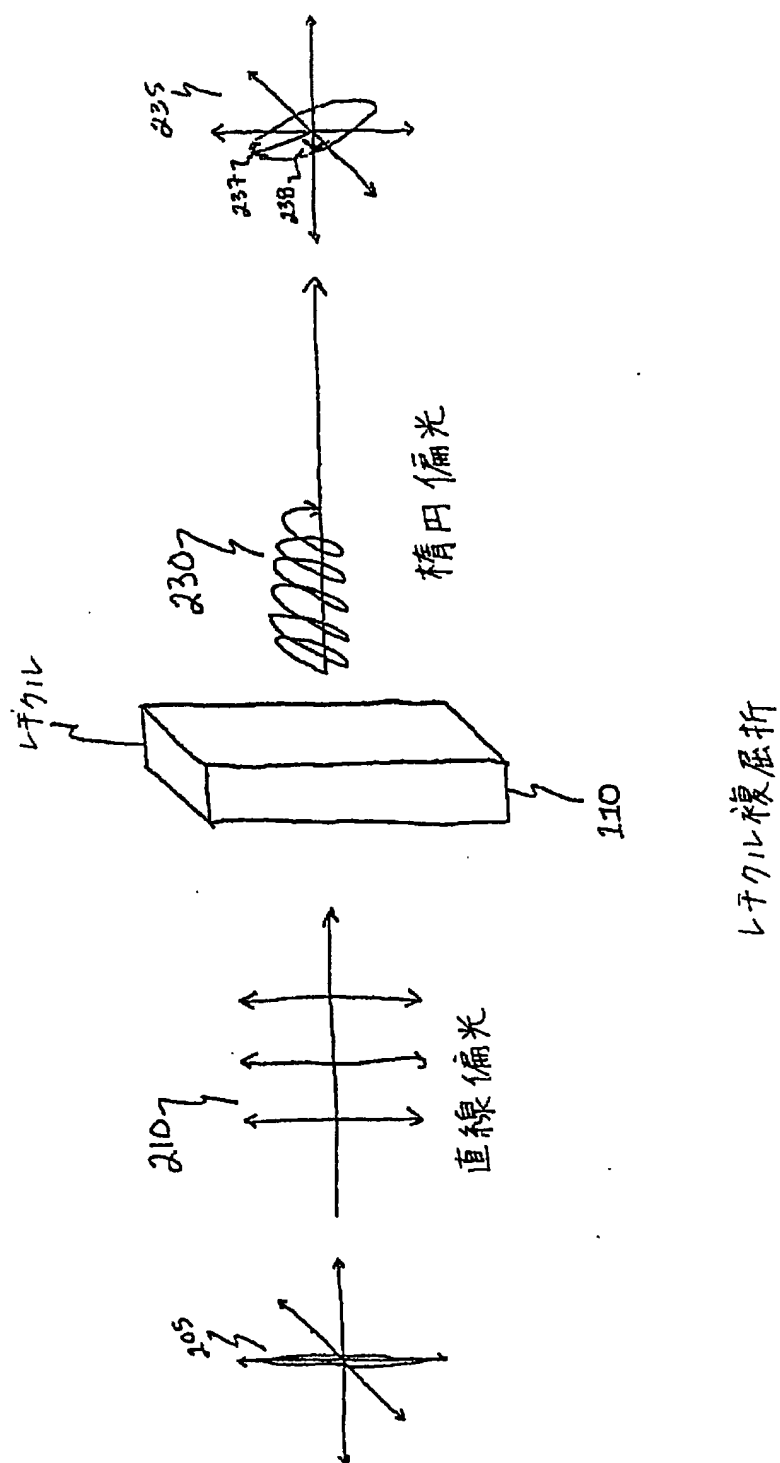
【図9】

図9は、本発明のさらに別の実施形態である。

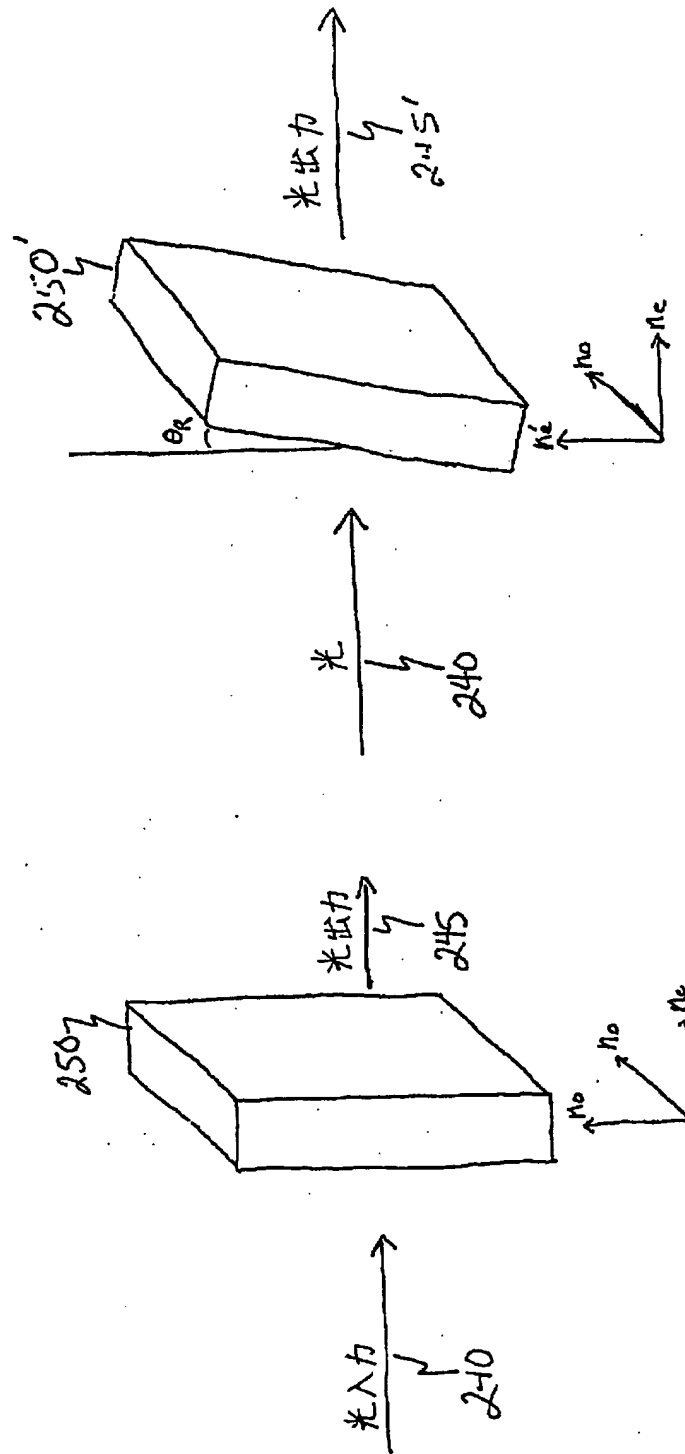
【図1】



【図2A】

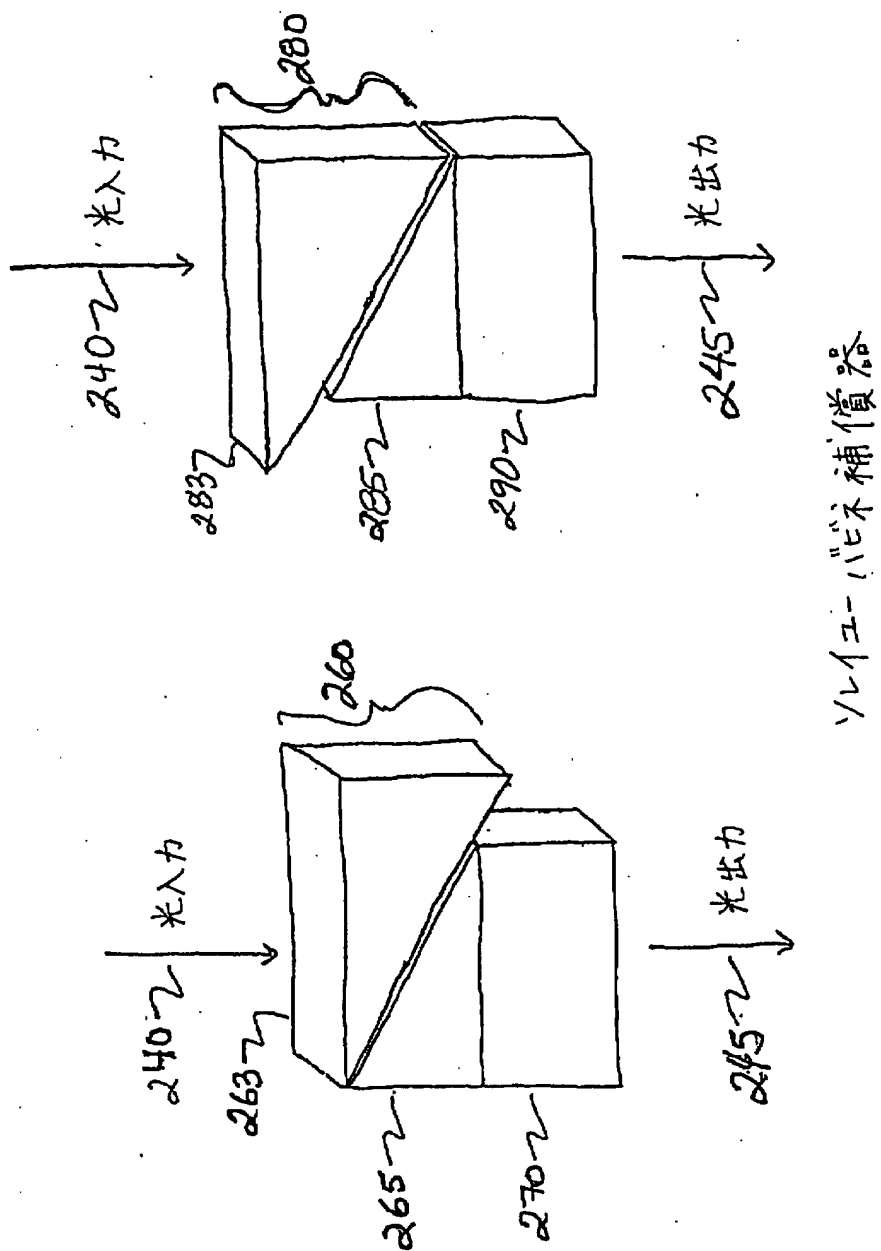


【図2B】

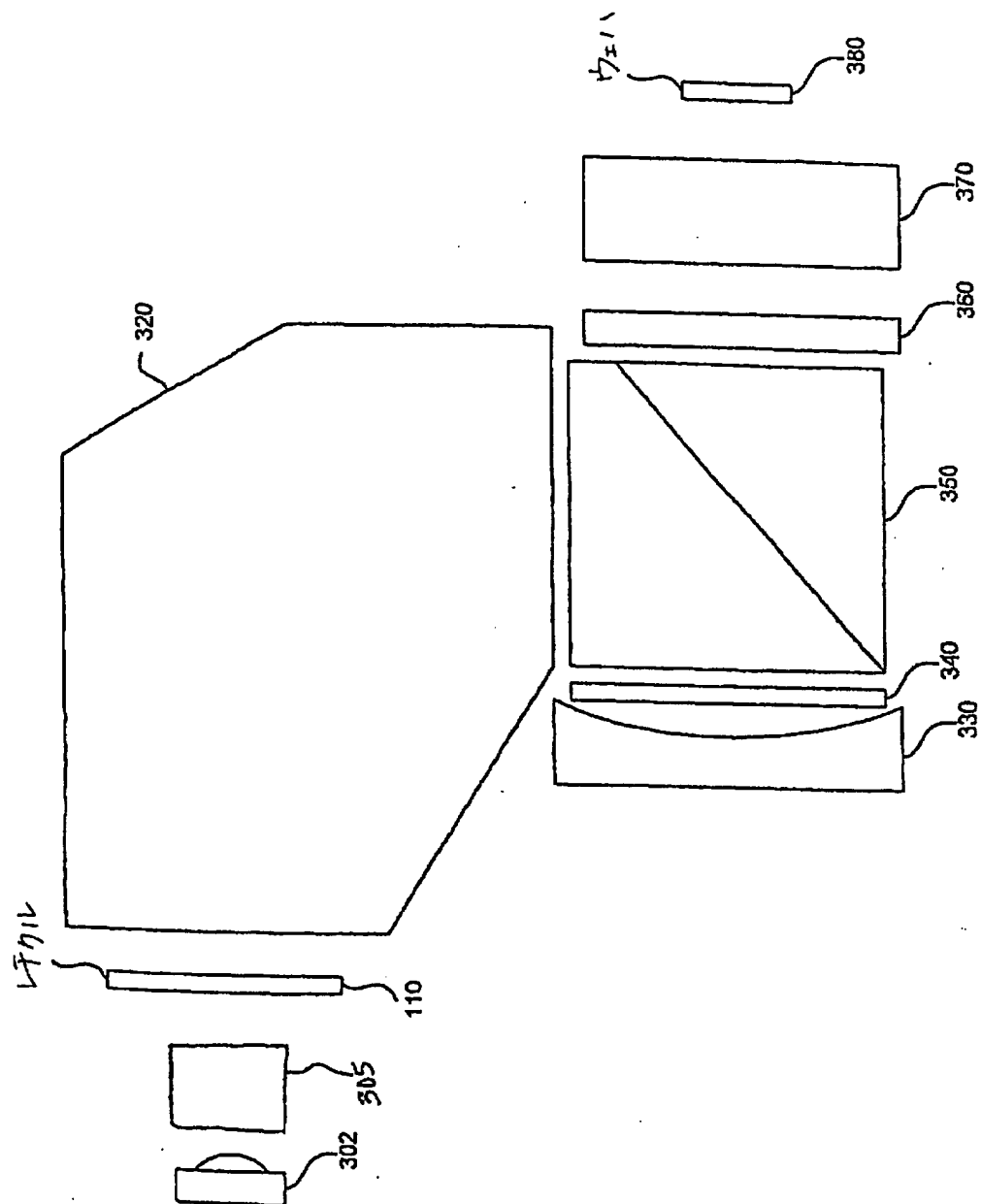


波レークの補償器

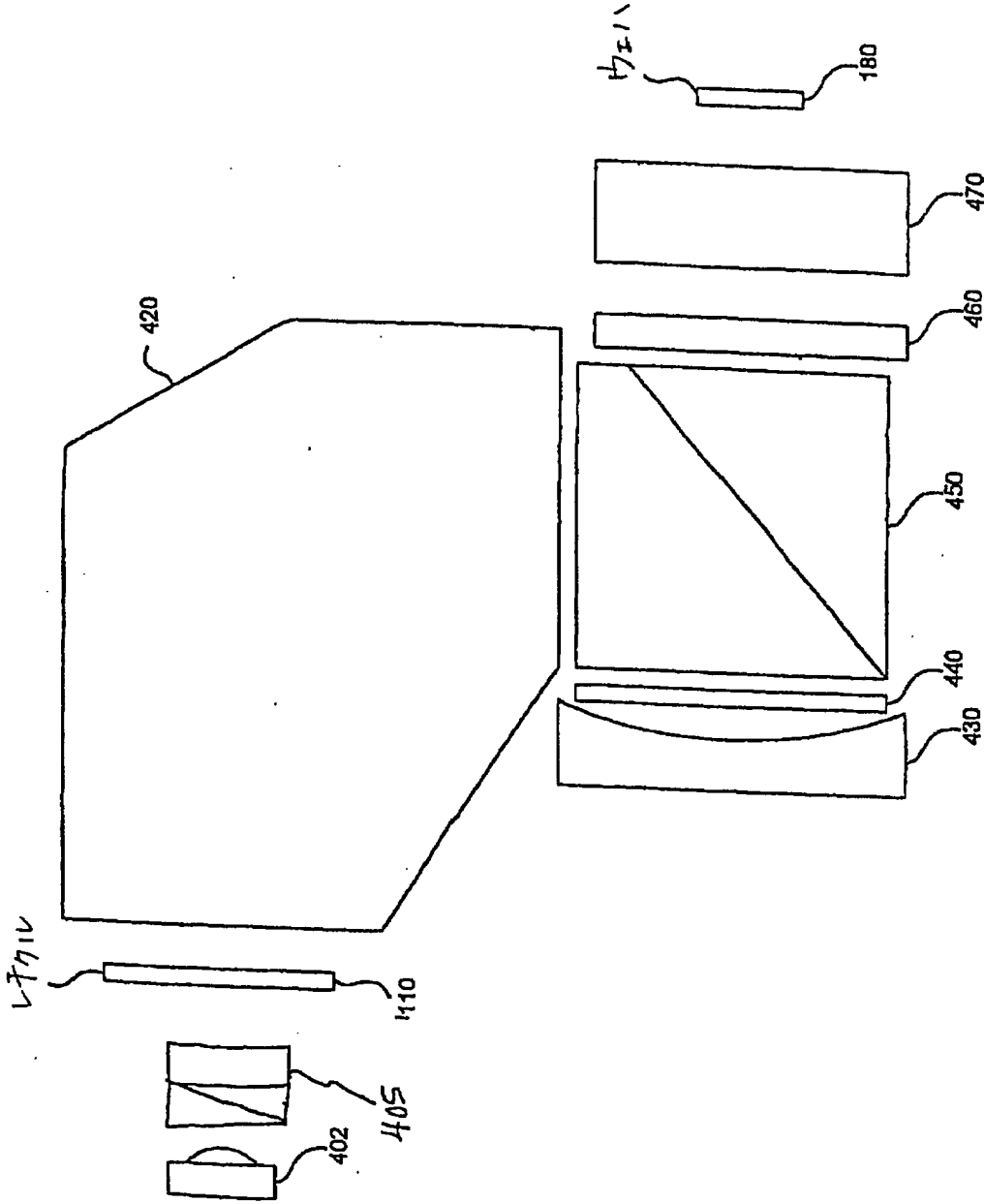
【図2C】



【図3】



【図4】



【図5】

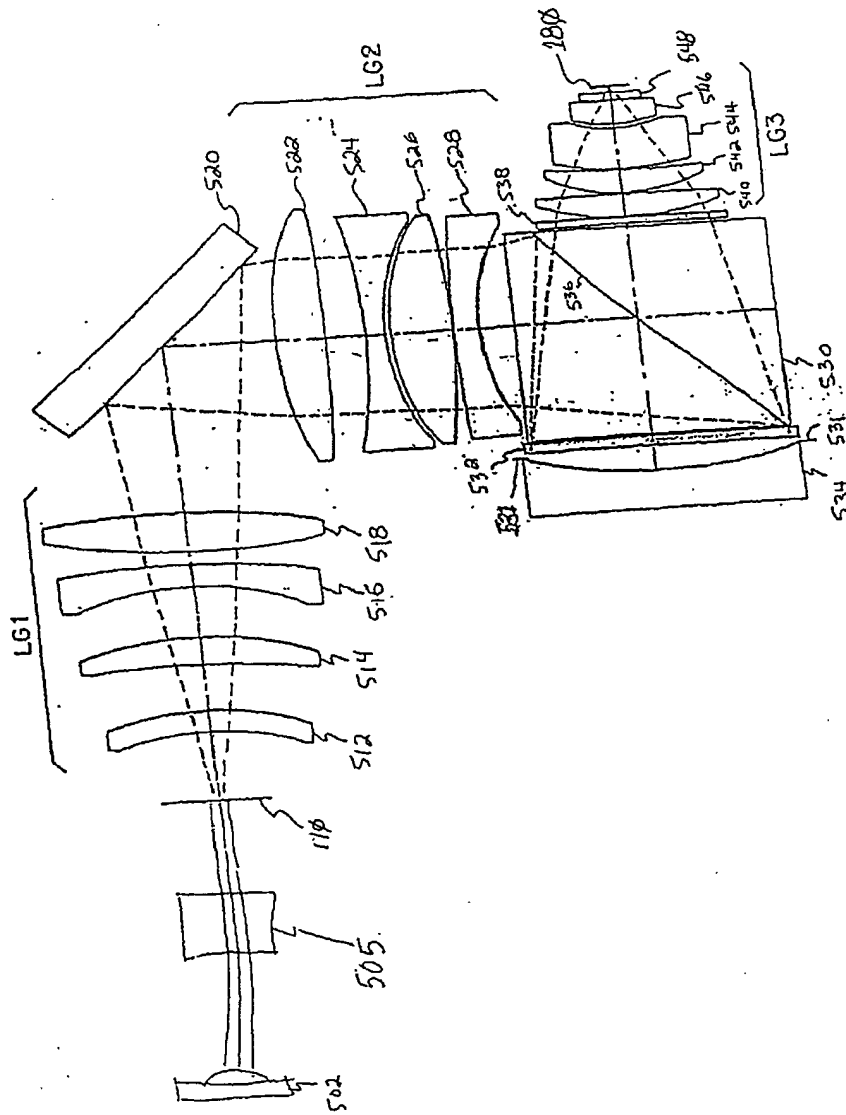


Fig. 5

【図6】

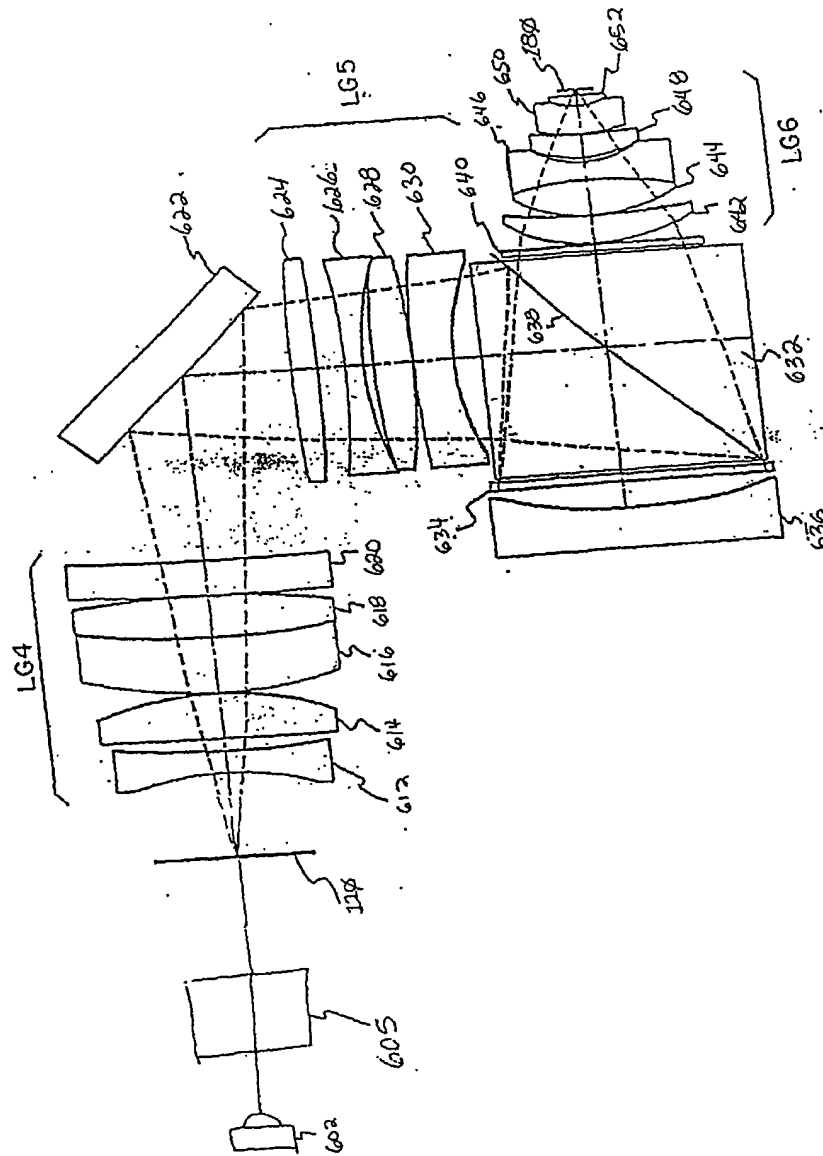


Fig. 6

【図7】

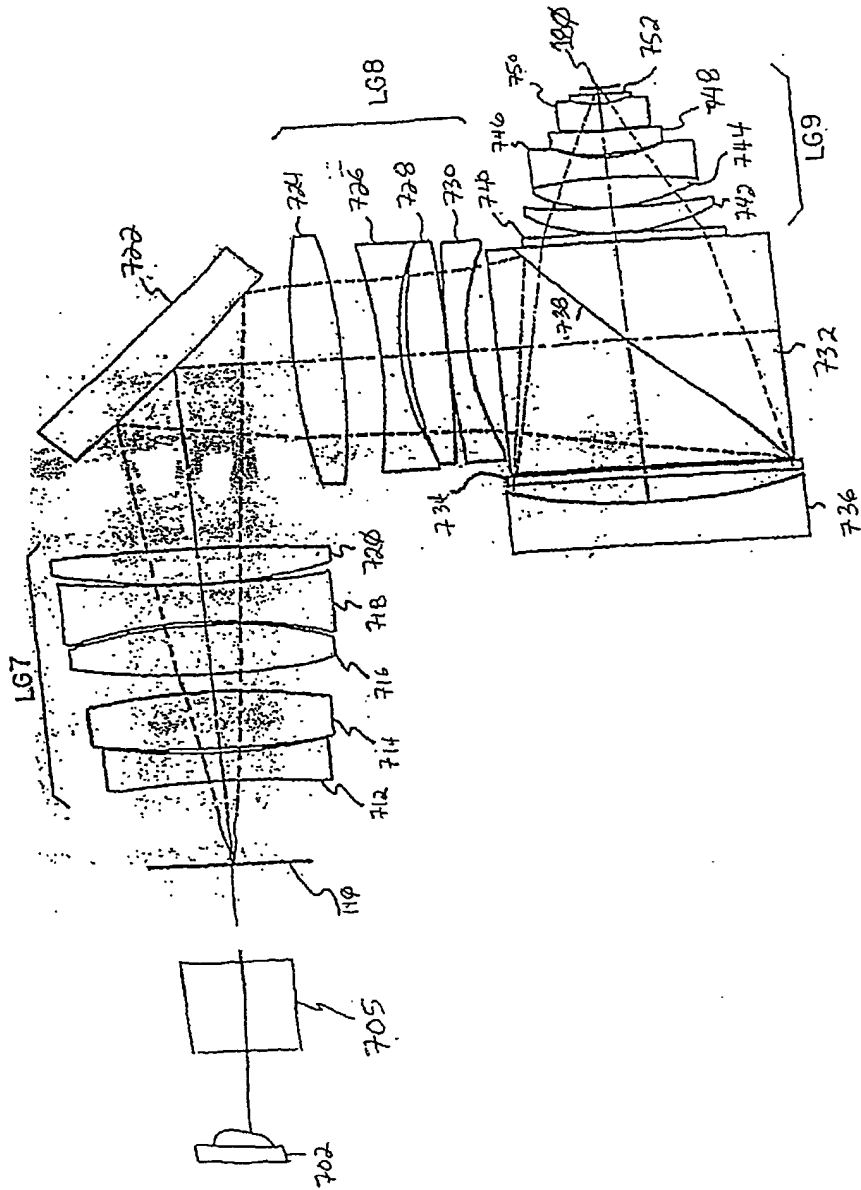
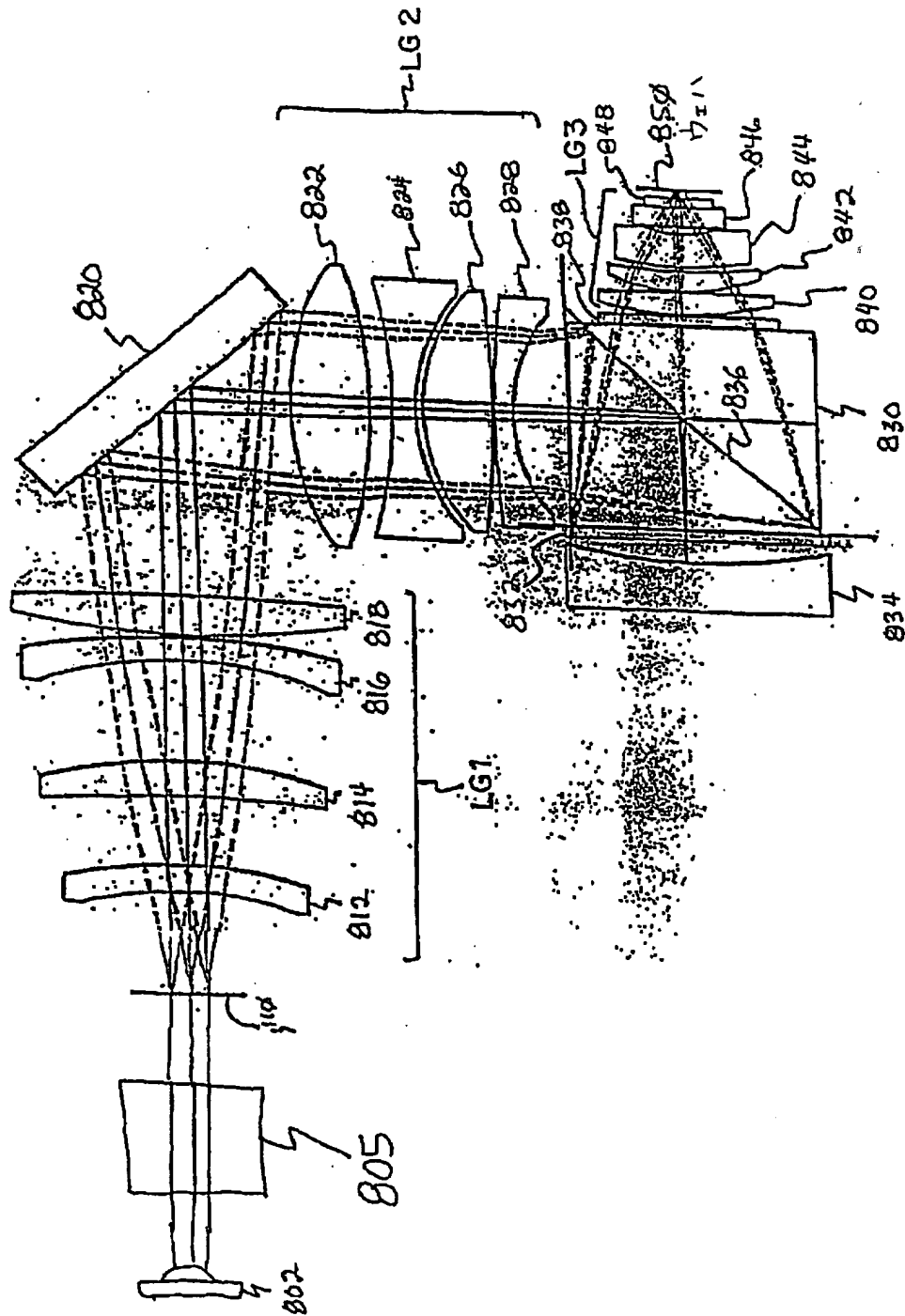
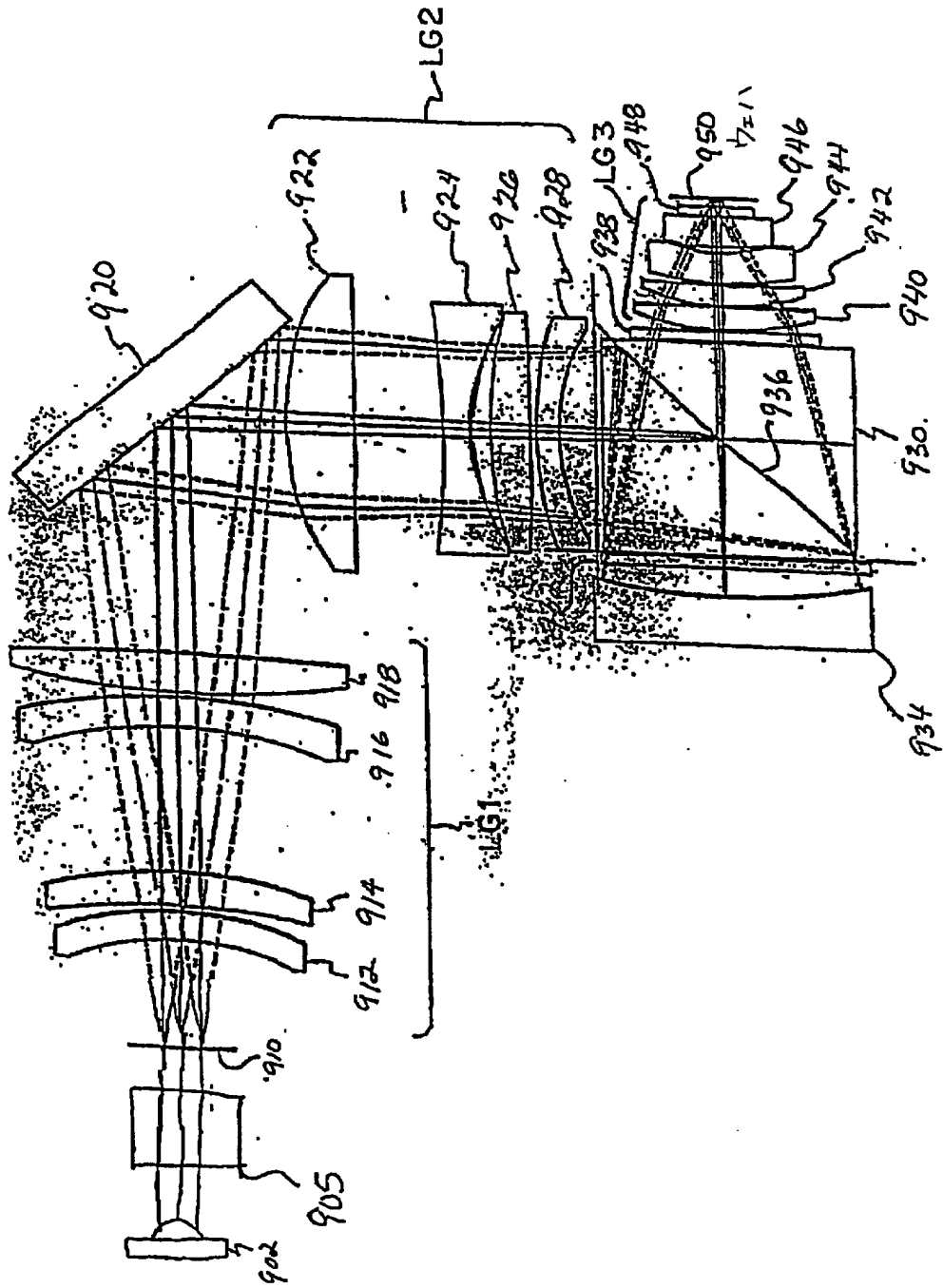


Fig. 7

【図8】



【図9】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/US 01/13142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B27/28 G02B17/08 G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category * Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages

Relevant to claim No.

X US 5 715 084 A (MURAKI MASATO ET AL)
3 February 1998 (1998-02-03)
Y column 4, line 45 - line 67
A column 5, line 1-12; figure 1

1
3,8,11,
15,19,26
2,4-7,9,
10,
12-14,
16-18,
20,21,
23-25,27

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 June 2002

Date of mailing of the international search report

26/06/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.O. 5518 Patentlaan 2
NL - 2200 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ward, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Int. Application No
 PCT/US 01/13142

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 537 260 A (WILLIAMSON DAVID M) 16 July 1996 (1996-07-16) cited in the application	26, 27
Y	column 3, line 7 - line 21	3, 8, 11, 15, 19, 26
A	column 4, line 20 - line 32 figures 1-5; tables 1-5	1, 2, 4-7, 9, 10, 12-14, 16-18, 20, 21, 23-25
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 05, 31 May 1999 (1999-05-31) -& JP 11 054411 A (CANON INC), 26 February 1999 (1999-02-26) abstract; figures	1-27
A	EP 0 937 999 A (ZEISS CARL ; ZEISS STIFTUNG (DE)) 25 August 1999 (1999-08-25) abstract; figures	1-27
A	US 4 953 960 A (WILLIAMSON DAVID M) 4 September 1990 (1990-09-04) cited in the application abstract; figures	1-27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 01/13142

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5715084 A	03-02-1998	JP 2698521 B2	19-01-1998
		JP 6181163 A	28-06-1994
		DE 69321814 D1	03-12-1998
		DE 69321814 T2	22-04-1999
		EP 0602923 A1	22-06-1994
		KR 137348 B1	29-04-1998
		US 2001022687 A1	20-09-2001
		US 6229647 B1	08-05-2001
US 5537260 A	16-07-1996	CA 2112828 A1	27-07-1994
		EP 0608572 A2	03-08-1994
		JP 6300973 A	28-10-1994
JP 11054411 A	26-02-1999	NONE	
EP 0937999 A	25-08-1999	DE 19807120 A1	26-08-1999
		EP 0937999 A1	25-08-1999
		JP 11271680 A	08-10-1999
		TW 403842 B	01-09-2000
		US 6252712 B1	26-06-2001
US 4953960 A	04-09-1990	CA 1320375 A1	20-07-1993
		DE 68927423 D1	12-12-1996
		DE 68927423 T2	06-03-1997
		EP 0350955 A2	17-01-1990
		JP 2066510 A	06-03-1990
		JP 7117648 B	18-12-1995

フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	テームコード(参考)
G03F 7/22		H01L 21/30	515D

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

Fターム(参考) 2H049 BA07 BA42 BB03 BB05 BC25
 2H087 KA21 NA02 NA04 RA43 TA01
 TA03 TA04 TA06 UA03 UA04
 5F046 BA05 CA04 CB13 CB17 CB23